

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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

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 978-2-8322-0650-8

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.....	6
1 General	10
1.1 Scope	10
1.2 Normative references	10
2 Normal and special service conditions	11
3 Definitions	11
3.1 General terms	11
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	11
3.3 Parts of assemblies	11
3.4 Switching devices	11
3.5 Parts of switching devices	13
3.6 Operation	14
3.7 Characteristic quantities	15
4 Ratings.....	18
4.1 Rated voltage (U_r)	18
4.2 Rated insulation level	18
4.3 Rated frequency (f_r)	19
4.4 Rated normal current and temperature rise	19
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	19
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	19
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)	19
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	19
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	19
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation	19
5 Design and construction	23
5.1 Requirements for liquids in disconnectors and earthing switches	23
5.2 Requirements for gases in disconnectors and earthing switches	23
5.3 Earthing of disconnectors and earthing switches.....	23
5.4 Auxiliary and control equipment.....	23
5.5 Dependent power operation	24
5.6 Stored energy operation	24
5.7 Independent manual operation.....	24
5.8 Operation of releases	24
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices.....	24
5.10 Nameplates	24
5.11 Interlocking devices	25
5.12 Position indication	25
5.13 Degree of protection by enclosures.....	25
5.14 Creepage distances.....	26
5.15 Gas and vacuum tightness.....	26
5.16 Liquid tightness	26
5.17 Flammability	26
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)	26

6	Type tests	28
6.1	General	28
6.2	Dielectric tests	29
6.3	Radio interference voltage (riv) test	31
6.4	Measurement of the resistance of circuits	32
6.5	Temperature-rise tests	32
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	32
6.7	Verification of the protection	34
6.8	Tightness tests	34
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	34
7	Routine tests	46
7.1	Dielectric test on the main circuit	46
7.2	Dielectric test on auxiliary and control circuits	46
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	47
7.4	Tightness test	47
7.5	Design and visual checks	47
8	Guide to the selection of disconnectors and earthing switches	47
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	50
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	53
10.1	Conditions during transport, storage and installation	53
10.2	Installation	53
10.3	Operation	54
10.4	Maintenance	54
11	Safety	54
11.1	Electrical aspects	54
11.2	Mechanical aspects	54
11.3	Thermal aspects	54
11.4	Operation aspects	54
	Annex A (normative) Design and testing of position indicating devices	65
	Annex B (normative) Bus-transfer current switching by disconnectors	70
	Annex C (normative) Induced current switching by earthing switches	77
	Annex D (informative) Test voltage for the most disadvantageous dielectric position of an earthing switch during operation (temporary approach)	87
	Annex E (normative) Special requirements for disconnectors and earthing switches used in gas-insulated and/or metal-enclosed switchgear	88
	Annex F (normative) Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages 72,5 kV and above – Requirements for switching of bus-charging currents by disconnectors	93
	Annex G (normative) Alternative test methods for short-circuit current making tests	101
	Annex H (normative) Specific requirements for resistor fitted disconnector in metal- enclosed gas insulated switchgear	103
	Bibliography	106

Figure 1 – Fixed contact parallel to support	54
Figure 2 – Fixed contact (as indicated in figure 8) perpendicular to support	55
Figure 3 – Three-phase test arrangement for disconnectors and earthing switches with rated voltages below 52 kV.....	56
Figure 4 – Single-phase test arrangement for disconnectors with a horizontal isolating distance and for earthing switches with rated voltage of 52 kV and above.....	58
Figure 5 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) with a vertical isolating distance with rated voltages of 52 kV and above to be used with flexible conductors	60
Figure 6 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) with a vertical isolating distance with rated voltages of 52 kV and above to be used with rigid conductors	62
Figure 7 – Example of the application of rated mechanical terminal loads to a two-column disconnector	63
Figure 8 – Example of the application of rated mechanical terminal loads to a pantograph disconnector.....	64
Figure A.1 – Position indicating device	69
Figure B.1 – Test circuits for bus-transfer current making and breaking tests.....	76
Figure C.1 – Test circuit for electromagnetically induced current making and breaking tests	85
Figure C.2 – Test circuits for electrostatically induced current making and breaking tests	86
Figure F.1 – Test circuit for test duty 1.....	95
Figure F.2 – Typical voltage waveform (Including VFT and FT components)	96
Figure F.3 – Test circuit for test duty 2.....	97
Figure F.4 – Test circuit for test duty 3.....	98
Figure H.1 – Examples of resistor fitted disconnectors	103
Table 1 – Recommended contact zones for "fixed" contacts supported by flexible conductors	20
Table 2 – Recommended contact zones for "fixed" contacts supported by rigid conductors	21
Table 3 – Recommended static mechanical terminal loads.....	22
Table 3a – Classification of disconnectors for mechanical endurance	23
Table 4 – Nameplate information	25
Table 5 – Power frequency 1 min withstand voltages	31
Table 6 – Power frequency voltage tests.....	46
Table 7 – Classification of earthing switch for electrical endurance	23
Table 8 – Requirements on making current and pre-arcing time	37
Table 9 – Invalid tests	38
Table B.1 – Rated bus-transfer voltages for disconnectors.....	71
Table C.1 – Standardized values of rated induced currents and voltages for earthing switches.....	79
Table C.2 – Standardized values of recovery voltages for electromagnetically induced current breaking tests	82
Table C.3 – Test circuit capacitances (C_1 values) for electrostatically induced current making and breaking tests	83

Table F.1 – Test voltages for making and breaking tests.....	95
Table F.2 – Specified bus-charging currents	98
Table F.3 – Specified number of tests	98

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.

This consolidated version of IEC 62271-102 consists of the first edition (2001) [documents 17A/617/FDIS and 17A/619/RVD], its amendment 1 (2011) [documents 17A/972/FDIS and 17A/978/RVD], its amendment 2 (2013) [documents 17A/1029/FDIS and 17A/1035/RVD] its corrigenda of April 2002, May 2003, February 2005 and January 2012. It bears the edition number 1.2.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

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

The bilingual version (2003-08) corresponds to the monolingual English version, published in 2001-12.

The French version of this standard has not been voted upon.

Annexes A, B, C, E, F, **G and H** form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

This standard should be read in conjunction with IEC 60694, second edition, published in 1996, to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 60694. Additional subclauses are numbered from 101.

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

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

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 publication using a colour printer.

**COMMON NUMBERING OF IEC 62271 PUBLICATIONS FALLING UNDER
THE RESPONSIBILITY OF SUBCOMMITTEES SC 17A AND SC 17C**

In accordance with the decision taken at the joint SC 17A/SC 17C meeting in Frankfurt, June 1998 (item 20.7 of 17A/535/RM), a common numbering system has been established for the publications falling under the responsibility of SC 17A and SC 17C. IEC 62271 – *High-voltage switchgear and controlgear* is the publication number and main title element for the common publications.

The numbering of these publications will apply the following principle.

- a) Common standards prepared by SC 17A and SC 17C will start with IEC 62271-1.
- b) Standards of SC 17A will start with IEC 62271-100.
- c) Standards of SC 17C will start with number IEC 62271-200.
- d) Publications prepared by SC 17A and SC 17C will start with number IEC 62271-300.

The table below relates the new numbers to the old numbers. The parts numbered (xxx) will be given a final number pending the decision to publish the revised publication as standard or technical report.

**Common numbering of IEC 62271 publications falling under the responsibility
of subcommittees SC 17A and SC 17C**

IEC 62271 series	HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –	Old IEC number, if any
Part	New title	
1	Common specifications	IEC 60694
2	Seismic qualification for rated voltages of 72,5 kV and above	-
100	High-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 60056
101	Synthetic testing	IEC 60427
102	High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches	IEC 60129
103	Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV	IEC 60265-1
104	Switches for rated voltages of 52 kV and above	IEC 60265-2
105	Alternating current switch-fuse combinations	IEC 60420
106	Alternating current contactors and contactor-based motor-starters	IEC 60470
107	Alternating current switchgear-fuse combinations	-
108	Switchgear having combined functions	-
109	Series capacitor by-pass switches	-
200	AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV	IEC 60298
201	Insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60466
202	High-voltage/low-voltage prefabricated substations	IEC 61330
203	Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60517
204	High-voltage gas-insulated transmission lines for rated voltages of 72,5 kV and above	IEC 61640
(300)	Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 61166
(301)	Guide for inductive load switching	IEC 61233
(302)	Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	IEC 61633
(303)	Use and handling of sulphur hexafluoride (SF ₆) in high-voltage switchgear and controlgear	IEC 61634
(304)	Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions	IEC 60932
(305)	Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60859
(306)	Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 61639
(307)	Use of electronic and associated technologies in auxiliary equipment of switchgear and controlgear	IEC 62063
308	Guide for asymmetrical short-circuit breaking test duty T100a	–
309	TRV parameters for high-voltage switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and less than 100 kV	-
310	Electrical endurance testing for circuit-breakers rated 72,5 kV and above	-

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches****1 General****1.1 Scope**

This part of IEC 62271 applies to alternating current disconnectors and earthing switches, designed for indoor and outdoor enclosed and open terminal installations for 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 60298, IEC 60466 and IEC 60517.

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

1.2 Normative references

Subclause 1.2 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

IEC 60137:1995, *Insulating bushings for alternating voltages above 1 000 V*

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

IEC 60265-2:1988, *High-voltage switches – Part 2: High-voltage switches for rated voltages of 52 kV and above*

IEC 60298:1990, *A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 60466:1987, *A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV*

IEC 60517:1990, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60865-1:1993, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

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

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

ISO 2768-1:1989, *General tolerances – Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications*

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 60694 is applicable.

3 Definitions

Clause 3 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

This clause covers required definitions, most of them by reference to IEC 60050(151), IEC 60050(441) and IEC 60050(604).

3.1 General terms

3.1.101

indoor switchgear and controlgear

[IEV 441-11-04]

3.1.102

outdoor switchgear and controlgear

[IEV 441-11-05]

3.1.103

temperature rise (of a part of a disconnecter or earthing switch)

difference between the temperature of the part and the ambient air temperature

3.1.104

user

person or legal entity using the disconnectors or earthing switches

NOTE This may include the purchaser (for example an electricity supplier), but it may also include the contracting company, the staff responsible for installation, the maintenance or operating staff or anybody else temporarily or permanently responsible for the disconnector, earthing switch or substation, or even the operation of the switchgear.

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear

No particular definitions.

3.3 Parts of assemblies

No particular definitions.

3.4 Switching devices

3.4.101

disconnecter

IEV 441-14-05 is applicable with the following additional notes:

~~NOTE 1 "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. For rated voltages of 420 kV and below, a current not exceeding 0,5 A is a negligible current for the purpose of this definition; for rated voltage above 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.~~

~~NOTE 2 For a disconnector having a rated voltage of 52 kV and above, a rated ability of bus-transfer current switching may be assigned.~~

NOTE 1 "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 62271-305). For rated voltages of 420 kV and below, a current not exceeding 0,5 A is a negligible current for the purpose of this definition; for rated voltage above 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.

NOTE 2 For a disconnector having a rated voltage of 52 kV and above, a rated ability of bus transfer current switching may be assigned.

3.4.101.1

disconnector class M0

disconnector having a mechanical endurance of 1 000 operating cycles, suitable for applications in distribution and transmission systems fulfilling the general requirements of this standard

3.4.101.2

disconnector class M1

disconnector having an extended mechanical endurance of 2 000 operating cycles, mainly for applications where the disconnector is operated in conjunction with a circuit-breaker of an equal class

3.4.101.3

disconnector class M2

disconnector having an extended mechanical endurance of 10 000 operating cycles, mainly for applications where the disconnector is operated in conjunction with a circuit-breaker of an equal class

3.4.102

divided support disconnector (earthing switch)

[IEV 441-14-06(07)]

NOTE Examples are pantograph and semi-pantograph disconnectors.

3.4.103

centre-break disconnector

[IEV 441-14-08]

3.4.104

double-break disconnector

[IEV 441-14-09]

3.4.105

earthing switch

IEV 441-14-11 is applicable with the following additional notes:

~~NOTE An earthing switch having a rated voltage of 52 kV and above may have a rating for switching and carrying induced currents.~~

~~Classes E1, E2 and E3 of IEC 60265-1 are based on electrical endurance of switches and switch-disconnectors. These devices may sometimes be operated against a short-circuit as a normal operation duty and the electrical endurance may be the measure of "low maintenance".~~

NOTE 101 An earthing switch having a rated voltage of 52 kV and above may have a rating for switching and carrying induced currents.

NOTE 102 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 103 For special applications such as fault initiating earthing switches the test procedures and the number of tests may be agreed upon between the manufacturer and the user.

3.4.105.1

earthing switch class E0

earthing switch suitable for applications in distribution and transmission systems fulfilling the general requirements of this standard, **without a short-circuit making capability**

3.4.105.2

earthing switch class E1

~~earthing switch class E0 with a short-circuit making capability~~ earthing switch suitable for applications in distribution and transmission systems fulfilling the general requirements of this standard, with the capability to withstand two short-circuit making operations

NOTE This class of earthing switch is able to withstand two making operations at rated making current.

3.4.105.3

earthing switch class E2 (for earthing switches up to and including 52 kV)

~~earthing switch of class E1 requiring minimal maintenance, capable of an extended number of short-circuit making operations suitable for applications in systems up to and including 52 kV~~

~~NOTE This class of earthing switch proves its reduced maintenance requirements by a number of five making operations at rated making current, but also requires minimal maintenance as lubrication (replenishment of gas and cleaning of external surfaces where applicable).~~

earthing switch suitable for applications in distribution and transmission systems fulfilling the general requirements of this standard, with the capability to withstand five short-circuit making operations

NOTE The increased number of making operations in Class E2 is restricted to voltages up to and including 52 kV only depending on the operating conditions and the protection systems typical to such networks

3.4.105.4

earthing switch class M0 (for earthing switches)

earthing switch suitable for applications in distribution and transmission systems fulfilling the general requirements of this standard, with the capability to withstand 1 000 operating cycles

3.4.105.5

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 load currents;
- making and/or breaking of currents up to the rated short-circuit current

3.4.105.6

toggle point

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

3.5 Parts of switching devices

3.5.101

pole of a switching device

[IEV 441-15-01]

3.5.102

main circuit (of a switching device)

[IEV 441-15-02]

3.5.103

contact (of a mechanical switching device)

[IEV 441-15-05]

3.5.104
main contact
[IEV 441-15-07]

3.5.105
control contact
[IEV 441-15-09]

3.5.106
“a” contact
make contact
[IEV 441-15-12]

3.5.107
“b” contact
break contact
[IEV 441-15-13]

3.5.108
position signalling device
part of a disconnecter or earthing switch which uses auxiliary energy to indicate whether the contacts of the main circuit are in the open or closed position

3.5.109
terminal (as a component)
component provided for the connection of a device to external conductors
[IEV 151-01-03]

3.5.110
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

3.6 Operation

3.6.101
operation (of a mechanical switching device)
[IEV 441-16-01]

3.6.102
operation cycle (of a mechanical switching device)
[IEV 441-16-02]

3.6.103
closing operation (of a mechanical switching device)
[IEV 441-16-08]

3.6.104
opening operation (of a mechanical switching device)
[IEV 441-16-09]

3.6.105
positively driven operation
[IEV 441-16-12]

3.6.106

dependent manual operation (of a mechanical switching device)

IEV 441-16-13 is applicable with the following addition:

NOTE Dependent manual operation may be performed by a crank or by a swing lever (horizontal or vertical).

NOTE 101 Earthing switches with dependent manual operations should not be rated for short circuit making capability.

3.6.107

dependent power operation (of a mechanical switching device)

[IEV 441-16-14]

3.6.108

stored energy operation (of a mechanical switching device)

[IEV 441-16-15]

3.6.109

independent manual operation (of a mechanical switching device)

[IEV 441-16-16]

3.6.110

closed position (of a mechanical switching device)

IEV 441-16-22 is applicable with the following addition:

NOTE Predetermined continuity means that the contacts are fully engaged to carry the rated normal and the rated short-circuit currents, as applicable.

3.6.111

open position (of a mechanical switching device)

[IEV 441-16-23]

3.6.112

interlocking device

[IEV 441-16-49]

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 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

normal current (of a disconnecter)

current which the main circuit of the disconnecter is capable of carrying continuously under specified conditions of use and behaviour

3.7.104

short-time withstand current

[IEV 441-17-17]

3.7.105

peak withstand current

[IEV 441-17-18]

3.7.106

rated value

quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment

[IEV 151-04-03]

3.7.107

insulation level

test voltage, under specified conditions, that the insulation of a device is designed to withstand

[IEV 151-04-14]

3.7.108

one minute power frequency withstand voltage

r.m.s. value of the sinusoidal alternating voltage at power frequency which the insulation of the disconnector or earthing switch withstands under specified test conditions

(see IEC 60060-1)

3.7.109

impulse withstand voltage

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

(see IEC 60060-1)

NOTE Depending on the shape of the wave, the term may be qualified as switching impulse withstand voltage or lightning impulse withstand voltage. [IEV 604-03-29, IEV 604-03-30].

3.7.110

external insulation

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

[IEV 604-03-02, modified]

NOTE External insulation is either weather-protected or non-weather-protected, designed to operate outside or inside closed shelters, respectively

3.7.111

internal insulation

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

[IEV 604-03-03]

3.7.112

self-restoring insulation

insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge

[IEV 604-03-04]

3.7.113

non-self-restoring insulation

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

[IEV 604-03-05]

NOTE Definitions 3.7.112 and 3.7.113 apply only when the discharge is caused by the application of a test voltage during a dielectric test. However, discharges occurring in service may cause a self-restoring insulation to lose partially or completely its original insulating properties.

3.7.114

parallel insulation

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

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

3.7.115

disruptive discharge

phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero

NOTE 1 The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

NOTE 2 A disruptive discharge through a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

3.7.116

clearance

[IEV 441-17-31]

3.7.117

clearance between poles

[IEV 441-17-32]

3.7.118

clearance to earth

[IEV 441-17-33]

3.7.119

clearance between open contacts

IEV 441-17-34 is applicable with the following additional note:

NOTE When determining the total clearance, the sum of the distances should be taken into consideration.

3.7.120

isolating distance (of a pole of a mechanical switching device)

[IEV 441-17-35]

3.7.121

mechanical terminal load

external load acting on each terminal

NOTE 1 The external load is the result of the combined mechanical forces to which the disconnector or earthing switch may be subjected. Wind forces acting on the equipment itself are not included as they do not contribute to the external load.

NOTE 2 A disconnector or earthing switch may be subjected to several mechanical forces different in value, direction and point of action.

NOTE 3 The terminal loads as defined here do not usually apply to enclosed switchgear.

3.7.121.1**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

3.7.121.2**dynamic mechanical terminal load**

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

3.7.122**bus-transfer current switching**

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

3.7.123**induced current switching**

breaking or making of an earthing switch of inductive or capacitive currents that are induced in an earthed or unearthed system by a parallel high-voltage system

NOTE When two or more transmission lines are mounted together on line towers or where two or more lines mounted on different towers are located close by, energy will be induced electrostatically and 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.

4 Ratings

Clause 4 of IEC 60694 is applicable with the following additions to the list of ratings:

- k) rated short-circuit making current (for earthing switches only);
 - l) rated contact zone (for divided support disconnectors only);
 - m) rated mechanical terminal load;
- and for rated voltages 52 kV and above:
- n) rated values of the bus-transfer current switching capability of disconnectors;
 - o) rated values of the induced current switching capability of earthing switches.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 60694 is applicable.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

For disconnectors having an isolating distance in parallel to the base of the disconnector and having integral earthing switches, the safety requirements are fulfilled during the temporary approach of the earthing blade to the opposite live parts, if the 1 min power frequency withstand voltage for the smallest gap is not lower than that specified in 6.2.5.

NOTE 1 The temporary reduction of dielectric strength is not a general problem of safety requirements, except during the short period of operation of an earthing switch having a manual operating mechanism only. For this reason, and because no ageing is taken into consideration, the reduced dielectric strength is acceptable. An impulse voltage test is not required because of the very low probability of a lightning or switching impulse during the earthing procedure.

NOTE 2 If national safety regulations specify higher withstand values for earthing switches which have manual operating mechanisms only, this has to be agreed upon between user and manufacturer.

NOTE 3 If the minimum temporary clearance is larger than the clearances given in IEC 60071-2, no test is required.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 60694 is applicable.

4.4 Rated normal current and temperature rise

Subclause 4.4 of IEC 60694 is applicable. This subclause generally applies only to disconnectors.

NOTE Consideration should be given to the skin effect depending on the shape, construction and material of the main current path of a disconnector operated with 60 Hz, because with rectangular-shaped conductors deviations of more than 5 % compared with 50 Hz have been experienced.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC ~~60694~~ 62271-1 is applicable with the following addition.

~~If an earthing switch is combined with a disconnector as a single unit, the rated short-time withstand current of the earthing switch shall, unless otherwise specified, be at least equal to that assigned to the disconnector.~~

The rated short-time withstand current of an earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch shall be equal to the rated short-time withstand current of the combined function earthing switch, unless otherwise specified.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC ~~60694~~ 62271-1 is applicable with the following addition.

~~If an earthing switch is combined with a disconnector as a single unit, the rated peak withstand current of the earthing switch shall, unless otherwise specified, be at least equal to that assigned to the disconnector.~~

The rated peak withstand current of an earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch shall be equal to the rated peak withstand current of the combined function earthing switch, unless otherwise specified.

4.7 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

If an earthing switch is combined with a disconnector as a single unit, the rated duration of the short-time withstand current of the earthing switch shall, unless otherwise specified, be at least equal to that assigned to the disconnector.

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

Subclause 4.8 of IEC 60694 is applicable.

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

Subclause 4.9 of IEC 60694 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation

Subclause 4.10 of IEC 60694 is applicable.

4.101 Rated short-circuit making current

Earthing switches to which a rated short-circuit making current has been assigned shall be capable of making at any applied voltage, up to and including that corresponding to their rated voltage, any current up to and including their rated short-circuit making current.

If an earthing switch has a rated short-circuit making current, this shall be equal to the rated peak withstand current.

The rated short-circuit making current of an earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch shall be equal to the rated peak making current of the combined function earthing switch, unless otherwise specified.

4.102 Rated contact zone

The manufacturer shall state the rated values of contact zone (indicated by x_r , y_r and z_r). The values in tables 1 and 2 are for reference only. The rated values shall be obtained from the manufacturer. This refers also to a tolerable angular displacement of the fixed contact.

For proper function of the disconnecter or earthing switch, the user shall ensure that the fixed contact stays within these limits by considering the service conditions when specifying the substation design and the cantilever strength of insulators (see 8.102.3).

Table 1 – Recommended contact zones for "fixed" contacts supported by flexible conductors

Rated voltage (U_r) kV	x mm	y mm	z1 mm	z2 mm
72,5 – 100	100	300	200	300
123 – 145	100	350	200	300
170	200	400	200	300
245	200	500	250	450
300	200	500	250	450
362	200	500	300	450
420	200	500	300	500
550	200	600	400	500
800	250	650	450	550
1 100	300	700	500	600
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 z1 are values for short-span, z2 are values for long-span of the flexible conductors to which the fixed contacts are mounted.				

Table 2 – Recommended 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	250	250	250
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).

4.103 Rated mechanical terminal load

The rated mechanical terminal load shall be stated by the manufacturer.

Disconnectors and earthing switches shall be able to close and open while subjected to their rated static mechanical terminal loads.

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

Recommended rated static mechanical terminal loads are given in table 3 and are intended to be used as a guide.

The maximum external dynamic mechanical load to which the terminal of a disconnector or earthing switch is allowed to be subjected is the rated dynamic mechanical load of this disconnector.

Disconnectors and earthing switches shall be able to withstand their rated dynamic mechanical terminal load under short-circuit.

The rating of the disconnector or earthing switch for terminal loads depends not only on the design, but also on the strength of the insulators used.

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 3.7.122 and 8.102.3).

Table 3 – Recommended static mechanical terminal loads

Rated voltage (U_r) kV	Rated normal current A	Two- and three-column disconnectors		Divided support disconnectors		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 7		In figure 8			
		N	N	N	N		
52 – 72,5	800 – 1 250	400	130	800	200	500	
100-123-145	1 250	500	170	800	200	1 000	
170	1 250	600	200	1 000	300		
	2 000	800	250	1 250	400		
245	800 – 1 250	800	270	1 250	400		1 250
	2 000	1 000	330	1 600	500		
300 – 362	2 000	1 000	400	1 600	500	1 500	
	3 150	1 500	500	1 800	600		
420	2 000	1 600	530	2 000	800		1 500
	4 000	2 000	660	4 000	1 600		
550	2 000	1 600	530	2 000	800	1 500	
	4 000	2 000	660	4 000	1 600		
800	2 000	1 600	530	2 000	800		1 500
	4 000	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 simulates the downward forces caused by the weight of the connecting conductors. With flexible conductors the weight is included in the longitudinal or perpendicular forces.

4.104 Rated values of the bus-transfer current switching capability of disconnectors

The rated values are given together with all other details in annex B.

This subclause is applicable to disconnectors rated 52 kV and above.

4.105 Rated values of the induced current switching capability of earthing switches

The rated values are given together with all other details in annex C.

This subclause is applicable to earthing switches rated 52 kV and above.

4.106 Rated values of mechanical endurance for disconnectors

A disconnector shall be able to perform the following number of operations taking into account the programme of maintenance specified by the manufacturer:

Table 3a – Classification of disconnectors for mechanical endurance

Class	Type of disconnector	Number of operating cycles
M0	Standard disconnector (normal mechanical endurance)	1 000
M1	Disconnector intended for use with a circuit-breaker of equal class (extended mechanical endurance)	2 000
M2	Disconnector intended for use with a circuit-breaker of equal class (extended mechanical endurance)	10 000

4.107 Rated values of electrical endurance for earthing switches

~~Earthing switches have three classes of electrical endurance:~~

- ~~— earthing switches with no making capability – class E0;~~
- ~~— earthing switches with short circuit making capability – class E1 (these earthing switches have the making capability of two making operations);~~
- ~~— earthing switches with a short circuit making capability of five making operations – class E2.~~

Table 7 provides a classification of earthing switch for electrical endurance.

Table 7 – Classification of earthing switch for electrical endurance

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

5 Design and construction

5.1 Requirements for liquids in disconnectors and earthing switches

Subclause 5.1 of IEC 60694 is applicable.

5.2 Requirements for gases in disconnectors and earthing switches

Subclause 5.2 of IEC 60694 is applicable.

5.3 Earthing of disconnectors and earthing switches

Subclause 5.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

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.

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 60694 is applicable with reference to 5.104 of this standard.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 60694 is applicable with the following additions.

This requirement applies also to disconnectors and earthing switches with dependent power operation having a rated switching and/or making current.

Disconnectors and earthing switches having a pneumatic or hydraulic operating device shall be capable of closing and opening when the supply pressure is between 85 % and 110 % of the rated value. For operation of releases see 5.8.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 60694 is applicable.

5.7 Independent manual operation

Subclause 5.7 of IEC 60694 is applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 60694 is applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 60694 is applicable.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

- the nameplates of disconnectors and earthing switches (and their operating devices) shall be marked in accordance with table 4;
- the nameplate shall be visible in the position of normal service and installation.

Table 4 – Nameplate information

	Abbreviation	Unit	Disconnecter	Earthing switch ^b	Operating device
Manufacturer			x	x	x
Designation of type			x	x	x
Serial number			x	x	x
Year of manufacture			x	x	x
Rated voltage	U_r	kV	x	x	
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	kV	x	x	
Rated switching impulse withstand voltage for rated voltages 300 kV and above	U_s	kV	x	x	
Rated normal current	I_r	A	x		
Rated short-time withstand current	I_k	kA	x	x	
Rated duration of short-circuit	t_k	s	(x) ^a	(x) ^a	
Rated filling pressure for insulation and/or operation	P_{re}	MPa	x	x	x
Rated supply voltage of auxiliary circuits	U_a	V			x
Rated static mechanical terminal load	F	N	(x)	(x)	
Mechanical endurance class of disconnectors	M_r		(x) ^c		
Electrical endurance class of earthing switches	E_r			(x) ^c	
Mass (including liquid)	m	kg	(x)	(x)	(x)
NOTE 1 The marking of values indicated by x is mandatory.					
NOTE 2 The marking of values indicated by (x) is optional.					
NOTE 3 The word "rated" does not need to appear on the nameplate.					
^a Mandatory if t different from 1 s. ^b An earthing switch combined with a disconnector as a single unit does not require a separate nameplate unless it has a short-circuit rating different from the disconnector. ^c The class marking is mandatory if different from M0 or E0. It may be included into the type designation to avoid additional space requirement.					

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 60694 is applicable.

5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 60694 is applicable (see also 5.104).

5.13 Degree of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 60694 is applicable with the following addition for the cubicles of secondary equipment.

The degree of protection provided by cubicles for outdoor installation shall be a minimum of IP3XDW.

For indoor installations the degree of protection shall be not less than IP2X.

In addition, generally no protection of persons against inadvertent contact with hazardous parts is required after the enclosure has been opened (see clause 11 of IEC 60694).

5.14 Creepage distances

Subclause 5.14 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Although the creepage distance may correspond to 5.14 of IEC 60694, with parallel insulation the distance between the two parallel insulators has to be taken into consideration.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 60694 is applicable.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 60694 is applicable.

5.17 Flammability

Subclause 5.17 of IEC 60694 is applicable.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 60694 is applicable.

5.101 Special requirements for earthing switches

Flexible copper connections between movable parts of an earthing switch and its frame shall have a cross-section of at least 50 mm².

This minimum value of the cross-sectional area of copper connections is given to ensure mechanical strength and resistance to corrosion.

Where the flexible connection is used to carry the short-circuit current, it shall be designed accordingly. If another material is used, a suitable equivalent of cross-section shall be provided.

5.102 Requirements in respect of the isolating distance of disconnectors

For reasons of safety, disconnectors shall be designed in such a way that no dangerous leakage currents can pass from the terminals of one side to any of the terminals of the other side of the disconnector.

This safety requirement is met when any leakage current is led away to earth by a reliable earth connection or when the insulation involved is effectively protected against pollution in service.

NOTE It is usual that the isolating gap of a disconnector is longer than the phase-to-ground insulating distance since IEC 60694 specifies higher withstand test levels across the isolating distance than for the phase-to-ground insulation.

Where a long creepage distance is required, the phase-to-ground insulation distance should become longer than the isolating gap. For such cases, to maintain low probability of disruptive discharge across the isolating gap, the use of protective devices such as surge arresters or rod gaps may be necessary.

5.103 Mechanical strength

Disconnectors and earthing switches having a rated static mechanical terminal load when installed according to the manufacturer's instructions shall be able to withstand their rated static and dynamic mechanical terminal load without impairing their reliability or current-carrying capacity.

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

5.104.1 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.

Disconnectors and earthing switches shall permit temporary mechanical locking in both the open and closed position for safety purposes (for example maintenance).

NOTE This last requirement need not be met in the case of disconnectors or earthing switches that are operated by means of a hook-stick.

5.104.2 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.

5.104.3 Indication and signalling of position

Indication and signalling of the closed and open position shall not take place unless the movable contacts have reached their closed or open position, respectively, and the first paragraph of 5.104.1 is fulfilled.

NOTE For the definition of "closed" and "open" see 3.6.110 and 3.6.111.

5.104.3.1 Indication of position

It shall be possible to know the operating position of the disconnector or earthing switch. For the open position this requirement is met if one of the following conditions is fulfilled:

- the isolating distance or gap is visible;
- the position of each movable contact ensuring the isolating distance or gap is indicated by a reliable visual position indicating device.

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

The kinematic chain between the movable contacts and the position indicating device shall be designed with sufficient mechanical strength to meet the requirements of the specified tests (annex A). The position indicating kinematic chain shall be a continuous mechanical connection to ensure a positively driven operation. 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 be part of the position indicating kinematic chain.

Where all poles of a disconnector or earthing switch are mechanically coupled so as to be operable as a single unit, it is permissible to use a common position indicating device.

5.104.3.2 Electrical position signalling 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 have a position in accordance with 5.104.3.

Where all poles of a disconnector or earthing switch are mechanically coupled so as to be operable as a single unit, it is permissible to use a common position indicating device.

5.105 Maximum force required for manual operation

The values given below also apply to maintenance hand operation of normally motor-operated disconnectors and earthing switches.

NOTE These values include ice-breaking, if applicable.

The operating height above servicing level should be agreed between manufacturer and user.

5.105.1 Operation requiring more than one revolution

The force needed to operate a disconnector or earthing switch requiring more than one revolution (hand crank for example) shall not be higher than 60 N with a possible peak of 120 N during a maximum of 10 % of the total required revolutions.

5.105.2 Operation requiring up to one revolution

The force needed to operate a disconnector or earthing switch requiring up to one revolution (swing lever for example) should not exceed 250 N (refer to 5.6.3 of IEC 60694). A peak value of 450 N is accepted during a rotation of 15° maximum.

5.106 Dimensional tolerances

For the 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 Type tests

Clause 6 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 60694 is applicable.

6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 60694 is applicable with the following additions to the mandatory type tests given in IEC 60694:

Mandatory type tests:

- tests to prove satisfactory operation and mechanical endurance (6.102) (M);

Optional type tests:

- tests to prove the short-circuit making performance of earthing switches (6.101);
- tests to prove satisfactory operation under severe ice conditions (6.103);
- tests to prove satisfactory operation at temperature limits (6.104);
- tests to verify the proper function of position indicating devices (6.105 and annex A);

- tests to prove the bus-transfer current switching capability of disconnectors (6.106 and annex B);
- tests to prove the induced current-switching capability of earthing switches (6.107 and annex C);
- tests to prove the bus-charging current switching ability of disconnectors used in metal enclosed switchgear (6.108 and annex F).

For the mandatory tests, not more than four samples shall be used; for optional tests, additional test samples are accepted.

6.1.2 Information for identification of specimens

Subclause 6.1.2 of IEC 60694 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

Refer to 6.1.3 of IEC 60694 with the following addition (where applicable):

The following details concerning insulators used during the type tests are of particular importance and shall be given in the relevant test reports:

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

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. The minimum size of the gap and the height above ground used for the test shall be stated (see 6.2.3). Also the distance of the lowest part of insulation to ground shall be given.

In the case of short-circuit tests, the following information shall be included:

- details of the mechanical and electrical connection of the tested switchgear to the other parts of the test circuit including the static terminal load and the dimensions of the conductor;
- information on the mounting arrangements used;
- details of the mounting of the fixed contact to the upper conductor with divided support disconnectors;
- arrangement of the operating mechanism of disconnector or earthing switch having one mechanism for three phases;
- the contact resistance before and after the short-circuit test;
- where access is possible, the contact force before and after tests.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 60694 is applicable.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 60694 is applicable.

6.2.2 Wet test procedure

Subclause 6.2.2 of IEC 60694 is applicable.

6.2.3 Conditions of disconnectors and earthing switches during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 60694 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 5.104, whichever is the smallest.

This requirement does not apply to independent operated indoor disconnectors and earthing switches.

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

The disconnector or earthing switch shall be considered to have passed the impulse tests if the following conditions are fulfilled:

- a) the number of disruptive discharges shall not exceed two for each series of 15 impulses;
- b) no disruptive discharges on non-self-restoring insulation shall occur.

This is verified by at least five impulses without disruptive discharge following that impulse out of the series of 15 impulses, which caused the last disruptive discharge. If this impulse is one of the last five out of the series of 15 impulses, additional impulses shall be applied.

If disruptive discharges occur and, for any reason, evidence cannot be given during testing that the disruptive discharges were on self-restoring insulation, after the completion of the dielectric tests the disconnector or earthing switch shall be dismantled and inspected. If punctures of non-self-restoring insulation are observed, the disconnector or earthing switch shall be considered to have failed the test.

NOTE 1 If the atmospheric correction factor K_t is less than 1,00 but greater than 0,95, it is permissible to follow the criteria stated in 6.2.4 of IEC 60694 if the correction factor is not applied during the tests. Then, if one or two disruptive discharges out of 15 impulses occur in the external insulation, the particular test series showing flashover(s) is repeated with the appropriate correction factor so that no external disruptive discharge occurs.

NOTE 2 For GIS disconnectors or earthing switches tested with test bushings which are not part of the disconnector or earthing switch, flashover across the test bushings should be disregarded and should not be counted.

NOTE 3 The determination of the location of the observed disruptive discharges should be carried out by the laboratory using sufficient detection means, for example, photographs, video recordings, internal inspection, etc.

Where applicable, the requirements of IEC 60298 and IEC 60517 shall be considered.

6.2.5 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 6.2.5 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

Disconnectors having an isolating distance in parallel to the base of the disconnector and having integrated earthing switches, shall be tested in the most unfavourable position of the earthing blade with the power frequency test voltage given in table 5 (see 4.2).

These tests are not required for disconnectors that can only be operated with both terminals de-energized.

Table 5 – Power frequency 1 min withstand voltages

U_r kV	Test voltage kV	
	Solidly earthed neutral	Unearthed neutral
72,5	84	94
100	116	130
123	142	160
145	167	188
170	196	221
245	283	-
300	346	-
362	418	-
420	484	-
550	635	-
800	924	-
1 100	1 270	-
1 200	1 386	-
NOTE 1 For an explanatory note see annex D.		
NOTE 2 These tests are not required with disconnectors of lower rated voltage.		

6.2.6 Tests of disconnectors and earthing switches of a rated voltage $U_r \leq 245$ kV

Subclause 6.2.6 of IEC 60694 is applicable.

6.2.7 Test of disconnectors and earthing switches of rated voltage above 245 kV

Subclause 6.2.7 of IEC 60694 is applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests

Subclause 6.2.8 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

NOTE Care should be taken when considering the performance of parallel insulation under pollution and rain (additional pollution tests may be necessary).

6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 60694 is applicable.

6.2.10 Test on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 60694 is applicable.

6.2.11 Voltage test as condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 60694 is applicable.

6.3 Radio interference voltage (riv) test

Subclause 6.3 of IEC 60694 is applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

Subclause 6.4 of IEC 60694 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 60694 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 60694 is applicable.

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

Subclause 6.6.1 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

6.6.1.101 General test conditions

The disconnector or earthing switch under test shall be installed with its 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 5.104.3 and, where applicable, to annex A.

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 and 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 current withstand 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 independent operated indoor disconnectors and earthing switches.

In any case, the same setting of the position signalling device shall be used for the dielectric test and the short-time withstand current and peak withstand current tests.

NOTE The least favourable status of the main contacts is for dielectric tests, the smallest gap at which the "OPEN" signal appears, and for short-circuit tests the first position at which during closing operation the "CLOSED" signal appears.

To make the test results generally applicable, disconnectors and earthing switches shall be tested with the test arrangements specified in figures 3, 4, 5 or 6. Where flexible conductors are used in the test set-up, disconnectors and earthing switches shall be loaded with their rated static mechanical terminal loads.

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.

Disconnectors or earthing switches having one common operating mechanism for three poles shall be tested with the operating mechanism mounted at a distance from the pole under test, which shall not be less than the phase distance.

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 according to IEC 60298, IEC 60466 or IEC 60517.

For divided support disconnectors 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 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 blade. The length of the return conductor shall be as given in figures 3 to 6, as appropriate.

6.6.1.102 Disconnectors and earthing switches with rated voltages below 52kV

The test arrangement given in figure 3 shall be used for disconnectors and earthing switches.

6.6.1.103 Disconnectors and earthing switches with rated voltages of 52 kV and above

The single-phase test arrangement given in figure 4 shall be used for disconnectors with a horizontal isolating distance and the relevant earthing switches; the test arrangement given in figures 5 and 6 shall be used for divided support disconnectors with a vertical isolating gap and the relevant earthing switches.

NOTE Deviations from these test arrangements are only acceptable when based on an agreement between user and manufacturer which might be necessary because of special requirements given by the service conditions.

Three-phase test arrangements shall follow the same general pattern as the single-phase test arrangements of figures 4 to 6.

6.6.2 Test current and duration

Subclause 6.6.2 of IEC 60694 is applicable.

6.6.3 Behaviour of disconnectors and earthing switches during test

Subclause 6.6.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

- a) The rated peak withstand current and the rated short-time withstand current, carried by a disconnector in the closed position during the rated duration of short circuit, shall not cause
 - mechanical damage to any part of the disconnector;
 - separation of the contacts;
 - arcing.

The behaviour of the contact system during the short-circuit test shall be documented by recording the voltage drop across the main current path of the disconnector.

- b) For earthing switches the rated peak and short-time currents shall not cause substantial contact erosion or substantial contact welding.

Where contact erosion or contact welding is observed following the short-time withstand and peak withstand current test, a second peak withstand current test shall be carried out without any maintenance permitted between the two tests. Sufficient time needs to be

allowed between the tests for the contacts to cool down. A no load-operation shall be performed before the second test.

The earthing switch is considered to have met the requirements if it still provides a sound earth connection after the second test.

Only light welding of contacts is permitted which means that the earthing switch can be operated under the conditions given in 4.8 up to and including 4.10, and 5.5 and 5.6, with the rated values for power-operated devices and with 120 % of the values given for manually operated devices in 5.105.

6.6.4 Conditions of disconnectors and earthing switches after test

Subclause 6.6.4 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

If the resistance of disconnectors with long-length main circuits (≥ 145 kV) has increased by more than 10 % compared with the resistance before the test, additional measurements at the contacts and movable joints may be necessary. The resistance of any of these parts of the disconnector shall not have increased by more than 20 %.

In the case of enclosed disconnectors and earthing switches, where no complete visual inspection is possible, the following condition checks are applicable:

- for the dielectric strength across the isolating gap and to earth 6.2.11 of IEC 60694 is applicable;
- for the current-carrying capacity, see 4.4.3, point 6 of IEC 60694.

6.7 Verification of the protection

Subclause 6.7 of IEC 60694 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 60694 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 60694 is applicable.

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

~~6.101.1 General test conditions~~

~~Earthing switches of class E1, according to definition 3.4.105.2, having a short-circuit making current capability, shall be subjected to two making operations in a making test series in accordance with the procedure of test duty 5 (class E1) of 6.101.10 of IEC 60265-1 independent of voltage.~~

~~Earthing switches of class E2, according to definition 3.4.105.3, for rated voltages less than 52 kV having a rated short-circuit making current capability, shall be subjected to a making test series in accordance with test duty 5 of 6.101.10 (class E3) of IEC 60265-1, except that the number of making operations shall be increased to five.~~

~~NOTE For earthing switches with rated voltages of 52 kV and above, IEC 60265-2 applies insofar as it refers to the acceptability of alternative testing methods, e.g. ignition wire.~~

~~6.101.2 Behaviour of earthing switches when making short-circuit currents~~

~~Earthing switches having a rated short-circuit making current shall, when making the short circuit, comply with the following conditions of behaviour:~~

~~During operation, the earthing switch shall neither show signs of excessive distress nor endanger the operator.~~

~~In the case of liquid-filled earthing switches, there shall be no outward emission of flame, and the gases produced, together with the liquid carried with the gases, shall be allowed to escape in such a way as not to cause electrical breakdown or endanger the operator.~~

~~For other types of earthing switches, flame or metallic particles such as might impair the insulation level of the earthing switch shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer and shall not endanger the operator.~~

~~6.101.3 Conditions of the earthing switch after the making test~~

~~After performing the specified operations, the mechanical parts including parts related to the electrical field control (for example field electrode of a GIS earthing switch) and insulators of the earthing switch shall be practically in the same condition as before. Only the short-circuit making performance may be impaired.~~

~~In case of doubt, a condition test according to 6.2.11 of IEC 60694 is applicable.~~

~~NOTE—Only light welding of contacts is permitted which means that the earthing switch can be operated under the conditions given in 4.8 up to and including 4.10, and 5.5 and 5.6, with the rated values for power-operated devices, and with 120 % of the values given for manually operated devices in 5.105.~~

6.101.1 General test conditions

Earthing switches of class E1 or E2 according to definition 3.4.105, 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 6.101.7.

In case of combined function earthing switches, the short-circuit making tests shall first be performed in the contact positions for other functions, in accordance with the relevant standards, followed by the short-circuit making tests of the earthing function, without intermediate maintenance.

Alternatively, the short-circuit making tests of the combined function earthing switch according to the specified class can be performed on a new combined function earthing switch preceded by at least one short-circuit making test of the other function followed by the short-circuit making tests of the earthing function without intermediate maintenance.

6.101.2 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.

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 of the gas for insulation and making operation.

NOTE 1 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.

NOTE 2 For convenience of testing in order to obtain accurate closing times an electrically or pneumatically released latch may be introduced at the toggle point.

NOTE 3 Earthing switches with independent manual operation may be operated by an arrangement provided for the purpose of making remote control possible.

NOTE 4 For testing purposes, it may be necessary to measure the travel characteristics, for example by using a travel recorder.

6.101.3 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.

6.101.4 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. For earthing switches with a difference between the instants of contacts touching during closing exceeding a half of a cycle of the rated frequency, the applied voltage shall not be less than 1,5 times the phase-to-earth value $U_r/\sqrt{3}$ for non-effectively earthed neutral systems and 1,3 times for phase-to-earth value $U_r/\sqrt{3}$ for effectively earthed neutral systems.

For convenience of testing or due to limitation of test facilities, alternative test methods can be followed. The alternative test methods are given in Annex G.

6.101.5 Test short-circuit making current

The short-circuit current during making test shall be expressed in terms of the peak current and the symmetrical r.m.s. current. For earthing switches, the symmetrical r.m.s. 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 must 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 able to make the current with the pre-arcing occurring at any point on the voltage wave. Two extreme cases are specified as follows:

- a) making at the peak of the voltage wave, (with a tolerance of -30 electrical degrees to $+15$ electrical degrees) leading to a symmetrical short-circuit current and the longest pre-arcing time;
- b) making at the zero of the voltage wave, without pre-arcing, leading to a fully asymmetrical short-circuit current.

NOTE Test b) can be carried out at reduced applied voltage in order to obtain the fully asymmetrical short-circuit current.

6.101.6 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. However, single-phase testing of earthing switches with rated voltages > 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.

For testing purpose, the severity of making tests in circuits with unearthed neutral or solidly earthed neutral are considered to be equivalent. Therefore, three-phase short-circuit making tests may be performed with any one of the test circuits in order to cover applications in both effectively and non-effectively earthed neutral systems.

6.101.7 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 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 tests. The 2C operations consists of C – O(no-load) – C, unless the test laboratory needs more no-load tests 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.

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 making current and the pre-arcing time as specified in Table 8 shall be achieved during the tests.

Table 8 – Requirements on making current and pre-arcing time

Class E1	Class E2
2 tests	5 tests
at least 1 test fulfilling the requirements of 6.101.5 a)	at least 2 tests fulfilling the requirements of 6.101.5 a)
at least 1 test fulfilling the requirements of 6.101.5 b)	at least 2 tests fulfilling the requirements of 6.101.5 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.	

6.101.8 Behaviour of earthing switches when making short-circuit currents

The following applies during the making tests.

- a) 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;
- b) Open type earthing switches, flame or metallic particles shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer endangering any operator outside these boundaries.

6.101.9 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 can 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:

- a) 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 5.5 and 5.6, with the rated values for power operated devices or with 120 % of the values given for manually operated devices in 5.105 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 6.10.3 of IEC 62271-1.
- c) Dielectric requirements: Visual inspection is usually sufficient for checking the above requirement. In case of doubt, a voltage test as condition check according to 6.2.11 is to be performed. As an alternative 6.2.11 of IEC 62271-100 may be used for rated voltages above 72,5 kV. The minimum functional pressure of the gas for insulation shall be used, if applicable. For earthing switches which are sealed-for-life, the voltage test as condition check is mandatory.

6.101.10 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 standard. An invalid test is one where one or more test parameters demanded by the standard 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 standard could make the test less or more severe. Four different cases are considered in Table 9.

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.

Table 9 – 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

6.101.11 Type test reports

The results of all type tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with this rating. Sufficient information should be included so that the essential parts of the earthing switch tested can be identified. Refer to 6.1.2 of IEC 62271-1.

The test report shall contain the information specified in 6.101.2, 6.101.4, 6.101.5, 6.101.6 and 6.101.7.

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 r.m.s. value at 0,2 s;
- the applied voltages;
- instantaneous value of voltages at the moment of the making;
- pre-arcing time.

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.

6.102 Operating and mechanical endurance tests

For three-phase disconnectors operated by one mechanism, where applicable, the terminal load shall be applied to all terminals simultaneously.

6.102.1 General test conditions

The tests shall be made at any convenient ambient air temperature at the place of test. 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.

6.102.2 Contact zone test

This test shall be made in order to prove satisfactory operation of divided support disconnectors (according to figures 1 and 2), in the various positions of the fixed contact within the limits of the rated contact zone according to 4.102. With the device in the open position, the fixed contact shall be placed in the following positions (according to figures 1 and 2), h being the highest position (stated by the manufacturer) of the fixed contact above the mounting plane:

- 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 axis horizontally by $+y_r/2$;
- d) at a height equal to h and displaced from the axis horizontally by $-y_r/2$.

The subscript, r , indicates the rated value assigned to the disconnector by the manufacturer.

With the device in the open position, the fixed contact shall be placed in the following positions, x_r being the total amplitude of movement of the fixed contact in the x -direction.

- e) at a distance equal to $+x_r/2$;
- f) at a distance equal to $-x_r/2$.

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

6.102.3 Mechanical endurance test

6.102.3.1 Test procedure

The mechanical endurance test shall consist of 1 000 operating cycles with, where applicable, 50 % of the rated static terminal load applied to the three-phase disconnect or earthing switch in direction *Fa1* or *Fa2* (figures 7 and 8), 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.

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

During the test the specified operation of the control and auxiliary contacts and position indicating devices (if any) shall be verified according to 5.104 and according to 5.4 of IEC 60694.

The tests shall be made on disconnectors and earthing switches equipped with their own operating mechanisms. During the tests 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 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.

These operations shall be made at a rate such that the temperatures of the energized electrical components do not exceed the values given in table 3 of IEC 60694.

Prior to commencing the tests, the manufacturer shall state the parameters to be used as comparators before and after the test series, for example:

- operating time;
- maximum energy consumption;
- for disconnectors with manual mechanisms only, registration of the maximum operating forces;
- verification of satisfactory operation of the auxiliary contacts and position indicating devices, if applicable.

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 supply voltage. As an alternative to direct measurement, as required by 5.105, the force may be calculated from the input power taking into consideration the operating speed.

6.102.3.2 Verification of successful operation

Before and after the mechanical endurance test programme one of the following test series shall be performed without the static terminal load applied:

- five close-open operating cycles at the minimum supply voltage and/or pressure;
- five close-open operating cycles at the maximum supply pressure for operation (only for gas or liquid operated disconnectors or earthing switches);

- five close-open manual operations (only for hand-operated disconnectors and earthing switches).

During these operating cycles the operating characteristics such as operating time and maximum energy consumption shall be recorded or evaluated. With disconnectors having manual mechanisms only, the maximum forces shall be recorded. Satisfactory operation of the auxiliary contacts and position indicating devices (if any) shall be verified.

The variation between the mean values of each parameter, as required in 6.102.3.1, measured before and after the mechanical endurance test, shall be validated by the manufacturer and included into the test report.

After the test, all parts, including contacts, shall be in good condition and shall not show undue wear; see also 4.4.3, point 6, of IEC 60694.

The main circuit resistance shall be measured before and after the mechanical endurance test. The resistance shall not vary by more than 20 % from the value measured before the test.

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

Since the influence of ambient temperature has to be considered, the temperature shall be recorded.

6.102.4 Operation during application of the rated static mechanical terminal load

Twenty operating cycles with the rated power supply shall be made with the rated mechanical static terminal load applied at both terminals:

- longitudinal load applied in direction F_{a1} or F_{a2} ;
- perpendicular load applied in direction F_{b1} or F_{b2} , both in the same direction;
- F_c simulates the downward forces caused by the weight of the connecting conductors. With flexible conductors, the weight is included in the longitudinal or perpendicular forces.

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

For disconnectors with a horizontal isolating gap, the load shall be applied on both sides at the same time.

The disconnector may be adjusted before the test and after having been loaded with 50 % of the rated longitudinal or transversal 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, 6.102.3.2 and the appropriate comparators as required in 6.102.3.1 for mechanical endurance tests, are applicable.

6.102.5 Extended mechanical endurance tests

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

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

Disconnectors being frequently operated, for example those operating in conjunction with circuit-breakers, require extended mechanical endurance tests which 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 6.102.1 and 6.102.3.1.

According to the service requirements, one of the following number of operating cycles shall be performed:

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

After each series of 1 000 operating cycles, or at maintenance intervals, the operating characteristics shall be recorded or evaluated.

Between the specified test series, some maintenance such as lubrication and mechanical adjustment is allowed and shall be performed in accordance with the manufacturer's instructions. Change of significant sub-components, such as contacts, is not permitted.

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

- b) Before and after the total test programme mechanical tests shall be performed and the operating characteristics shall be verified as required in 6.102.3.2.

The following tests shall also be performed:

- contact zone test (6.102.2), if applicable;
- verification of operation during application of rated static mechanical terminal loads (6.102.4), if applicable.

- c) In addition after the total test programme, checks and tests shall be performed as follows:

- verification of satisfactory operation with the minimum duration of the operating signal given by the manufacturer;
- verification of the satisfactory condition of the mechanical travel limit stops;
- verification of operation of the mechanical effort-limiting devices, if any.

- d) After the total test programme, all parts, including contacts, shall be in good condition and shall not show undue wear in accordance with the relevant clauses of IEC 60694; see also 4.4.3, point 6 of IEC 60694.

6.103 Operation under severe ice conditions

According to 2.1.2 e) of IEC 60694, three classes of ice coating are specified:

- class 1 (1 mm ice coating);
- class 10 (10 mm ice coating);
- class 20 (20 mm ice coating).

10 mm and 20 mm ice coatings are considered to be representative of severe ice conditions, as stated in 2.1.2 e) of IEC 60694.

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.

6.103.1 Introduction

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.

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, and
- b) rime ice, characterized by a white appearance, formed for example from atmospheric moisture condensing on cold surfaces.

6.103.2 Applicability

The tests defined in this subclause shall be made only if the manufacturer claims suitability of disconnectors and earthing switches for operation under severe conditions of ice formation. A procedure is described for producing clear ice coatings which compare with those encountered in nature so that reproducible tests can be made. For severe ice conditions, a choice is provided between two classes of ice thickness: 10 mm and 20 mm.

NOTE Disconnector commutating contacts for bus-transfer current switching and accessories fitted to earthing switches to accommodate a switching capability of induced currents may not be able to perform these switching capabilities under the severe ice conditions.

6.103.3 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 of about $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, or outdoors if it is desired to perform the tests in conditions of natural frost. The energizing of heating elements of the control mechanism is permitted during the test. Support and 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.

NOTE 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 having one common operating mechanism for the three poles, the complete three-pole device shall be tested. The only exception is if the testing laboratory cannot accommodate complete standard three-pole apparatus with voltage larger than 72,5 kV; in this case, tests with a single-pole operated by the common mechanism may become necessary. In this situation, exact details of the test procedure and the measured torque shall be reported in order to evaluate the test result concerning the capability of the mechanism to operate the three-pole apparatus. It is up to the user to agree to this type of single-pole testing. However, preference should be given instead to a modification of mounting structures or spacing wherever possible, in order to enable that three-pole tests may be made.
- 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 which 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) To facilitate 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. 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.
- 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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ and should reach the test object in the liquid state.

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

- g) After having made the adjustments and prior to the operation under severe ice conditions, the disconnecter and the earthing switch shall be subjected to the routine mechanical operating tests of 7.101.

6.103.4 Test procedure

6.103.4.1 Formation of ice deposits

A coating of solid clear ice of the required thickness, 10 mm or 20 mm, shall be produced. A typical test procedure for the formation of ice is described below.

- a) With the test disconnecter/earthing switch in the open or closed position, lower the air temperature to 2 °C and start the spray of pre-cooled water. Continue this spray for a minimum of 1 h while holding the air temperature between 0,5 °C to 3 °C.
- b) Lower the room temperature to within –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 over the entire disconnecter/earthing switch at the rate of approximately 6 mm/h.
- d) Discontinue the spray and maintain the room temperature within –7 °C and –3 °C for a period of at least 4 h. This ensures that all parts of the disconnecter and the ice coating have assumed a constant temperature. Following this ageing period, the satisfactory operation of the disconnecter/earthing switch including its auxiliary equipment, shall be checked.

6.103.4.2 Checking of operation

If the disconnecter or earthing switch is manually operated, the test will be considered as satisfactorily completed if the apparatus has been operated to its final closed or open position, and if it does not sustain damage which may later interfere with its mechanical or electrical performance. If the disconnecter or earthing switch is electrically, pneumatically or hydraulically operated, the test 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, and if it does not sustain damage which may later interfere with its mechanical or electrical performance.

The following tests will demonstrate that the disconnecter or earthing switch is able to withstand its rated normal current, rated short-time withstand current and rated peak withstand current, as applicable:

- immediately after the closing operation by checking the galvanic contact with a battery and lamp arrangement using a maximum voltage of 100 V;
- with the temperature restored to normal ambient by measuring the resistance of the main current path which shall not show significant change.

6.104 Operation at the temperature limits

These tests apply only to outdoor disconnectors and earthing switches and shall be performed only on special request of the user.

Single poles of three-pole apparatus may be tested if each pole has a separate operating mechanism. In the case of three-pole apparatus having one common operating mechanism for the three poles, the complete three-pole device shall be tested.

Exception: if the testing laboratory cannot accommodate complete standard three-pole apparatus of a voltage higher than 72,5 kV, tests with a single-pole operated by the common mechanism may become necessary. In this 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. It is up to the user to agree to this type of single-pole testing. However, preference should be given instead to a modification of mounting structures or spacing, wherever possible, in order to enable the three-pole test to be made.

The time required from the beginning of the command "Open" until receipt of the signal "Open position reached" or until the actual open position is reached (whichever is the longer), shall be recorded in the test report.

Similarly, the time to fully close, or signal closed, shall be recorded.

6.104.1 Operation at minimum ambient air temperature

The disconnecter or earthing switch shall be placed in a test chamber in the closed position. It shall be complete with its operating mechanism and auxiliary equipment. The temperature shall be lowered and maintained at the minimum ambient temperature appropriate to the class of the disconnecter or earthing switch (see 2.1 of IEC 60694) for a period of 12 h. The apparatus shall then satisfactorily complete three operating cycles, at minimum and maximum supply energy. The energizing of heating elements of the control mechanism is permitted during the test.

For gas-insulated disconnectors and earthing switches, a tightness test shall be performed in accordance with 6.8 of IEC 60694 before and after the operation at minimum ambient air temperature.

6.104.2 Operation at maximum ambient air temperature

The disconnecter or earthing switch shall be placed in a test chamber in the closed position. It shall be complete with its operating mechanism and auxiliary equipment. The temperature shall be raised and maintained at the maximum ambient temperature of 40 °C (see 2.1 of IEC 60694) for a period of at least 4 h and long enough to reach temperature balance between the whole of the test object and the test chamber. The disconnecter or earthing switch shall then satisfactorily complete three operating cycles at minimum and maximum supply energy.

6.105 Tests to verify the proper functioning of the position indicating device

These tests apply when a position indicating device is used as an alternative to the visible isolating distance or gap.

Details of the test requirements are given in annex A.

6.106 Bus-transfer current switching tests

These tests apply only to disconnectors with a rated bus-transfer current switching capability.

Details of the test requirements are given in annex B.

6.107 Induced current switching tests

These tests apply only to earthing switches with a rated induced current switching capability.

Details of the test requirements are given in annex C.

6.108 Bus-charging switching tests

These tests apply only to disconnectors having a rated bus-charging switching capability.

Details of the test requirements are given in annex F.

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 60694 is applicable with the following additions:

Addition to the list of routine tests:

- f) Mechanical operating tests in accordance with 7.101.

If test reports of routine tests are required by agreement between manufacturer and user, from manufacturers whose system of quality assurance has been certified, reports according to their quality hand book are acceptable.

7.1 Dielectric test on the main circuit

Subclause 7.1 of IEC 60694 is applicable.

If the conditions of paragraph 3 of clause 7, or paragraph 3 of 7.1 of IEC 60694 are not fulfilled, the following applies:

When testing disconnectors the test conditions shall be in accordance with table 6. For an explanation of abbreviations see figure 2 of IEC 60694.

Table 6 – Power frequency voltage tests

Test condition no.	Disconnector position	Voltage applied to	Earth connected to
1 ^a	Closed	AaCc	BbF
2 ^a	Closed	Bb	AaCcF
3	Open	ABC	abcF
4	Open	Abc	ABCF
5 ^b	Open	ABC	Earthing switch
^a If the insulation between poles is air at atmospheric pressure, test conditions nos. 1 and 2 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 the tip of the earthing blade and live parts of ABC.			

When testing earthing switches, the test voltage shall be applied with the earthing switch in the open position:

- 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 Dielectric test on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 60694 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 7.3 of IEC 60694 is applicable only to disconnectors.

7.4 Tightness test

Subclause 7.4 of IEC 60694 is applicable.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 60694 is applicable.

7.101 Mechanical operating tests

Operating tests are made to ensure that the disconnectors or earthing switches show the specified operating behaviour within the specified voltage and supply pressure limits 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 tests shall be performed according to 6.102.3.2. The mentioned test programme shall be performed only once.

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 with a rated voltage of 52 kV and above, 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 6.102.3.2 shall be performed.

NOTE The mechanical operating test will not be representative for the operating conditions in the substation when complicated linkages are used between the point of operation and the switchgear and when the bearings are mounted to weak supports.

8 Guide to the selection of disconnectors and earthing switches

8.101 General

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

- normal 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).

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 may be suitable not merely for immediate requirements, but also for those of the future.

National requirements enforcing deviation from this standard shall be stated in the tender documents.

8.102 Selection of rated values for normal service conditions

All rated characteristics and classes of a disconnector or earthing switch given in clause 4 shall be considered, as far as applicable, together with the following subclauses.

8.102.1 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 4.1 and 4.2 of IEC 60694.

To select the insulation level of disconnectors and earthing switches from tables 1a, 2a, 1b and 2b of IEC 60694, annex D of IEC 60694 should be taken into consideration. Where a disconnector or earthing switch is required for a position necessitating a higher insulation level than given in these tables, this shall be specified in the enquiry (see 9.101).

8.102.2 Selection of rated normal current

The rated normal current of a disconnector should be selected from the standard values given in 4.4.1 of IEC 60694.

It should be noted that disconnectors have no standardized continuous overcurrent capability. When selecting a disconnector, therefore, the rated normal 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.

NOTE It is understood that the rated normal current is the current that a disconnector can carry continuously except in uncommon conditions of use. Such conditions may be met, for example, for generator disconnectors that may be in the closed position for a very long time, at a current near the rated normal current, without being operated, and in a high ambient temperature. In such cases, the manufacturer should be consulted.

8.102.3 Selection of rated contact zone

The rated contact zone should be selected based on the requirements of 4.102.

When selecting the rated contact zone, the user shall 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.

8.102.4 Selection of rated mechanical terminal load

The rated mechanical static and dynamic terminal load should be selected based on the requirements of 4.103 and the definitions of 3.7.121. The most disadvantageous conditions should be considered by the user when specifying the rated terminal loads.

NOTE It is recommended to calculate the required static terminal load on the basis of

- minimum specified ambient air temperature, and
- –10 °C plus ice load plus wind load, or
- –5 °C plus wind load (tropical countries).

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

8.102.5 Selection of a bus-transfer current switching capability for disconnectors of 52 kV and above

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 another. Even if a bus coupling is closed, the load transfer may 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 shall be selected from those given in annex B and specified in the enquiry (see clause 9).

8.102.6 Selection of an induced current switching capability for earthing switches of 52 kV and above

The definition of an earthing switch does not include a switching capability. A standard earthing switch is capable of opening and closing a connection to earth from an isolated section of a substation or a line when the current to be broken or made is negligible and/or the voltage across the terminal of each of the poles of the earthing switch is so small that only negligible arcing occurs. According to the definition for disconnectors, a current not exceeding 0,5 A is deemed to be a negligible current.

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 may 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.

If a switching capability is required, it should be selected from the values given in annex C and specified in the enquiry (see clause 9).

8.102.7 Local environmental conditions

For the normal and special service conditions for disconnectors and earthing switches, clause 2 of IEC 60694 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.

For insulators normally exposed to the atmosphere, the required creepage length should be selected according to 5.14 of IEC 60694. 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 A nominal creepage length smaller than given by the product of the rated voltage and the minimum specific creepage length may be used if the porcelain design has been proved by testing to fulfil the requirements of the user.

For open-terminal, indoor installations in coastal areas where salt deposit is a problem, it is recommended, for rated voltages of 52 kV and above, 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 pressure exceeds 700 Pa, 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 6.103 into consideration.

8.102.8 Seismic conditions

Subclause 2.2.4 of IEC 60694 is applicable.

8.102.9 Use at high altitudes

Subclause 2.2.1 of IEC 60694 is applicable.

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

Subclauses 4.5 and 4.7 of IEC 60694 are applicable.

Test arrangements for short-circuit tests given in figures 4, 5 and 6 are minimum requirements. It cannot be excluded that substation designs exist in which the disconnector undergoes higher stresses.

NOTE The relation between current and time is given by the formula $I^2t = \text{constant}$.

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

The selected disconnector or earthing switch shall 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 4.6 of IEC 60694 should be considered.

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

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

The following information is specified here as required by IEC 60694. It will be helpful to take into consideration the information given in clause 8.

9.101 Information to be given with enquiries and orders

When enquiring for or ordering a disconnector or an earthing switch, the following particulars 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 (the latter, if greater than the normal values), altitude if over 1 000 m and any special conditions likely to exist or arise, for example unusual exposure to steam or vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt air (see 8.102.7 through 8.102.9).
 - c) Characteristics of a disconnector or earthing switch. The following information should be given, if applicable:
 - number of poles;
 - installation: indoor or outdoor;
 - rated voltage;
 - 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 1a, 1b, 2a and 2b of IEC 60694); for disconnectors and earthing switches of rated voltage ≥ 300 kV, the rated switching impulse withstand voltage;
 - rated frequency;
 - rated normal current (for disconnectors only);
 - rated peak and short-time withstand currents;
 - rated short-circuit making current, if any (for earthing switches only); (see 3.4.105)
 - if other than standard, specified value of duration of short-circuit;
 - rated static and rated dynamic mechanical terminal loading (see 4.103);
 - use of rigid or flexible conductors to be connected to the disconnector or earthing switch or to which the separated contact is mounted;
 - 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;
 - requirements for insulators to be used with the disconnector and earthing switch:
 - class of pollution taken from IEC 60815,
 - profile of the sheds (if applicable); taken from IEC 60815,
 - see item 10);
- NOTE Other characteristics of insulators are under the responsibility of the manufacturer of the switchgear.
- required contact zone; if applicable;
 - additional requirements where applicable:
 - artificial pollution,
 - operation under severe ice conditions,
 - bus-transfer current switching (disconnectors only),
 - induced current switching (line earthing switches only),
 - extended mechanical endurance class M1 or class M2,
 - short-circuit making capability class E1 or class E2 (earthing switches only);
- d) Characteristics of the operating mechanism and associated equipment, in particular:
 - method of operation, whether manual or power dependent,
 - for independent manual operation: the duration of a time delay,
 - the operating height above servicing level,

- for power operation, the type of available supply energy (e.g. compressed air, or electrical d.c. or a.c.) and its ratings (pressure, voltage, frequency),
 - number and type of auxiliary contacts,
 - degree of protection if higher than that specified in 5.13;
- 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.
- The following checks may be required to be performed in the presence of the user as final tests before shipment, if stated in the order. They may be performed as sample tests on one unit or 1 % of the number of units purchased under one contract:
- thickness of coating (paint, galvanising layer, etc.) for corrosion protection;
 - electrical control wire check (if any);
 - accessories and documentation (erection and operating instructions, storing and transport instructions);
 - operating time (if applicable).
- g) Any other information concerning special conditions not included above that might influence the tender or the order.

9.102 Information to be given with tenders

The information given with tenders should cover the requirements specified in 9.101 as applicable, and should state compliance with and deviations from the enquiry details. In addition, full descriptive matter and drawings shall be provided, together with type test certificates or reports, as requested.

9.102.1 Rated values and characteristics

- a) number of poles;
- b) installation: indoor or outdoor;
- c) rated voltage;
- d) rated insulation level and especially rated switching impulse withstand voltage, where applicable;
- e) rated frequency;
- f) rated normal current (for disconnectors only);
- g) rated short-time withstand current and peak current;
- h) rated short-circuit making current (for earthing switches only);
- i) specified type tests, on special request;
- j) rated bus-transfer current switching according to annex B;
- k) rated induced current switching by earthing switches (class according to annex C);
- l) rated mechanical endurance of disconnectors (class M);
- m) rated electrical endurance of earthing switches (class E).

9.102.2 Constructional features

- a) mass of complete disconnector or earthing switch;
- b) minimum clearance in air:
 - between poles,
 - to earth,
 - for isolating distance (for disconnectors only);

- c) for divided support disconnectors and earthing switches, the rated contact zone;
- d) corrosion protection;
- e) 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.

9.102.3 Operating mechanism of a disconnector or earthing switch and associated equipment

- a) type of operating mechanism;
- b) rated supply voltage and/or pressure of operating mechanism;
- c) 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;
- d) quantity of free gas required to operate the disconnector or earthing switch at the rated supply pressure, as applicable;
- e) number and type of auxiliary contacts;
- f) design of the device or description of means for securing the position;
- g) design of indicating and signalling device.

9.102.4 Overall dimensions and other information

The manufacturer shall give the necessary information regarding the overall dimensions of the disconnector or earthing switch in the open and closed positions. The fixing dimensions and mass of the disconnectors and earthing switches should also be given. The dimensions given in drawings of disconnectors and earthing switches are subject to tolerances as standardized by ISO 2768-1 unless otherwise specified.

General information regarding maintenance should also be given (see 10.4).

9.102.5 State of equipment

The manufacturer shall inform the user on the state of assembly in which the disconnector and/or earthing switch is transported and delivered.

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

Clause 10 of IEC 60694 is applicable.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 10.1 of IEC 60694 is applicable.

10.2 Installation

Subclause 10.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Disconnectors and earthing switches shall be packed, as far as 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.

10.3 Operation

Subclause 10.3 of IEC 60694 is applicable.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

For disconnectors with a bus-transfer current switching capability, the number of operations needs to be taken in account in order to estimate the maintenance intervals.

11 Safety

Clause 11 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

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" may deviate depending on local safety rules.

11.1 Electrical aspects

Subclause 11.1 of IEC 60694 is applicable.

11.2 Mechanical aspects

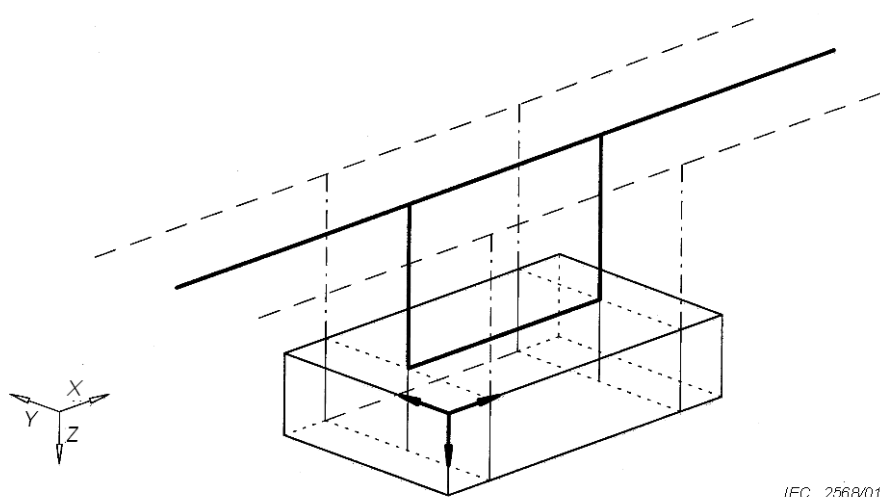
Subclause 11.2 of IEC 60694 is applicable.

11.3 Thermal aspects

Subclause 11.3 of IEC 60694 is applicable with the addition of 5.13.

11.4 Operation aspects

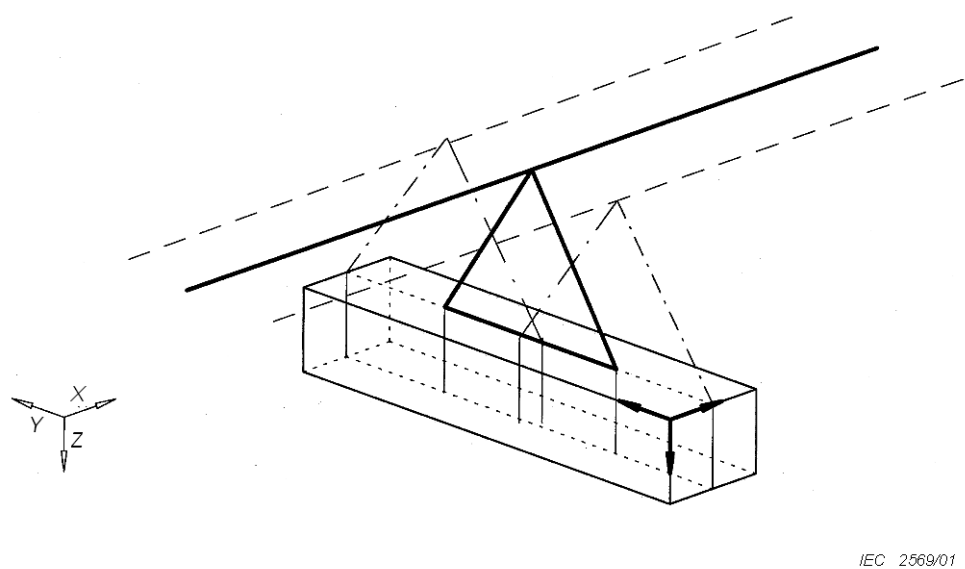
Subclause 11.4 of IEC 60694 is applicable with the addition of 5.104.



Key

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

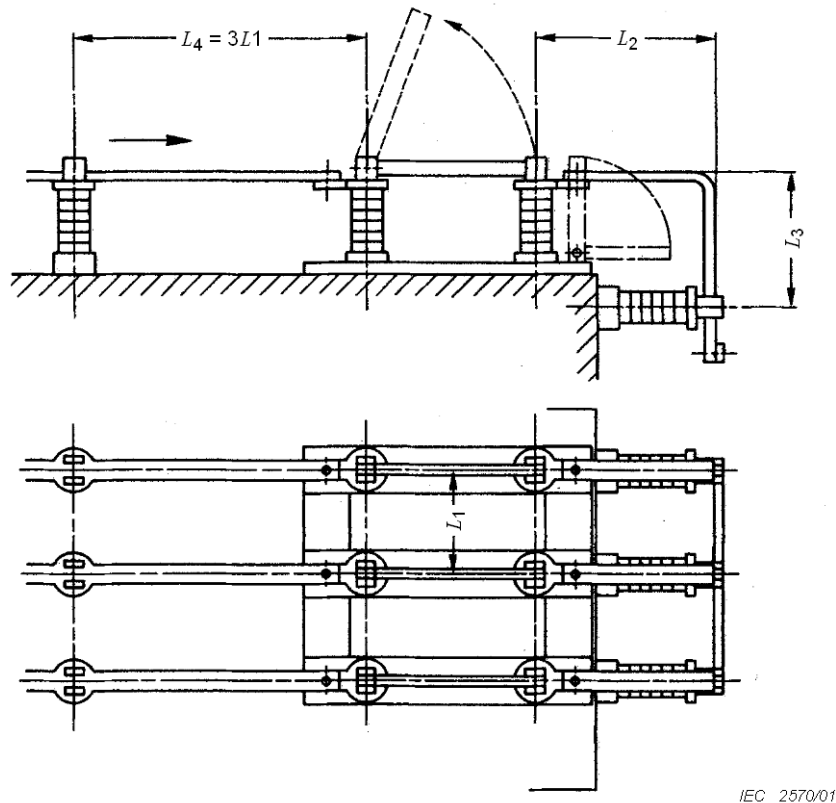
Figure 1 – Fixed contact parallel to support



Key

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

Figure 2 – Fixed contact (as indicated in figure 8) perpendicular to support

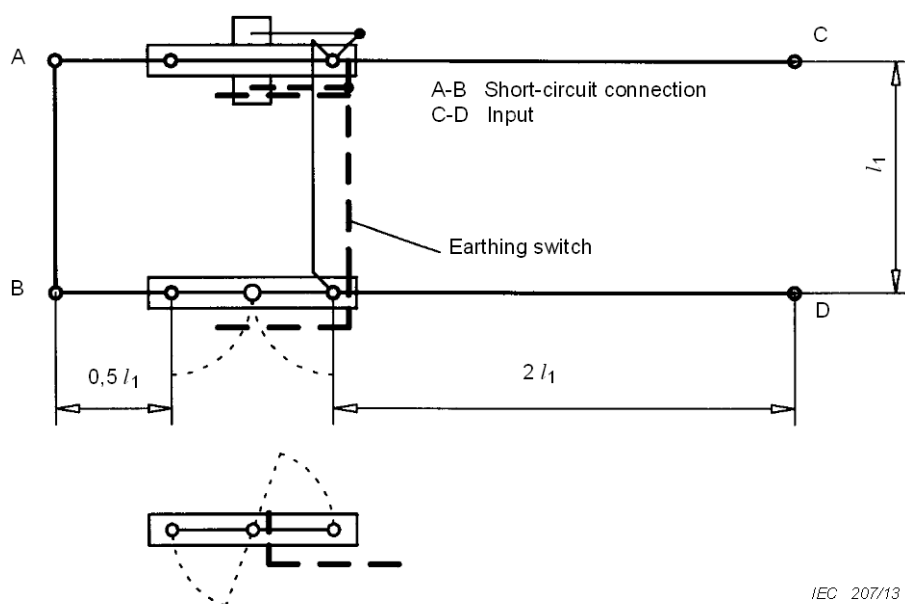
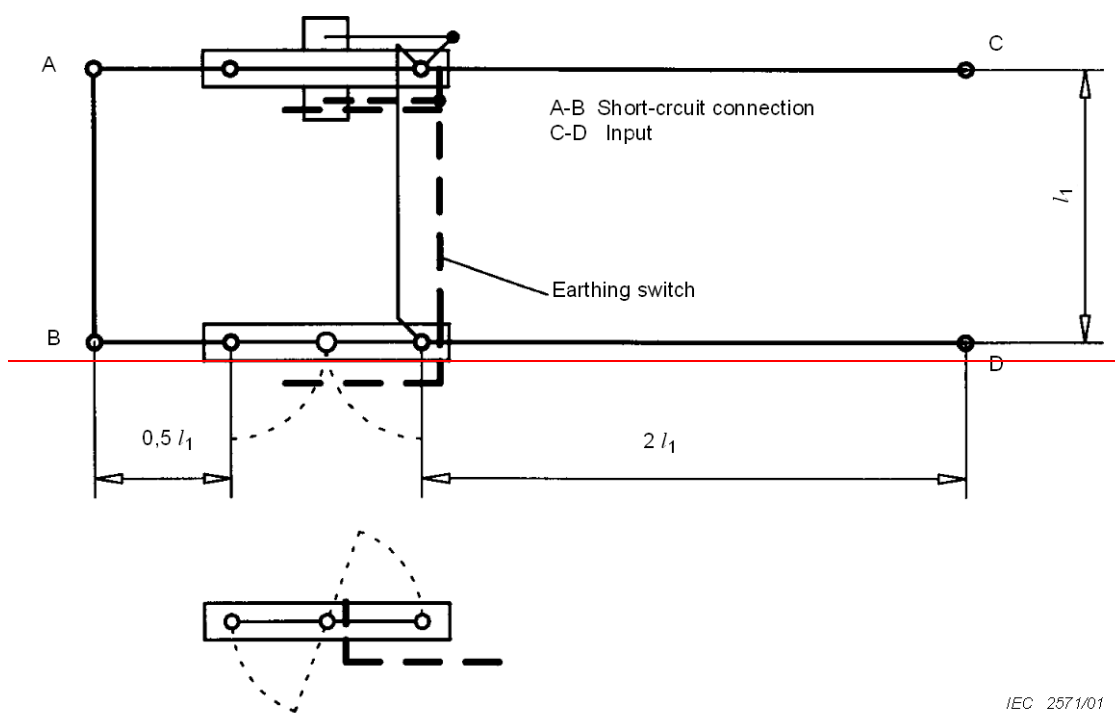


IEC 2570/01

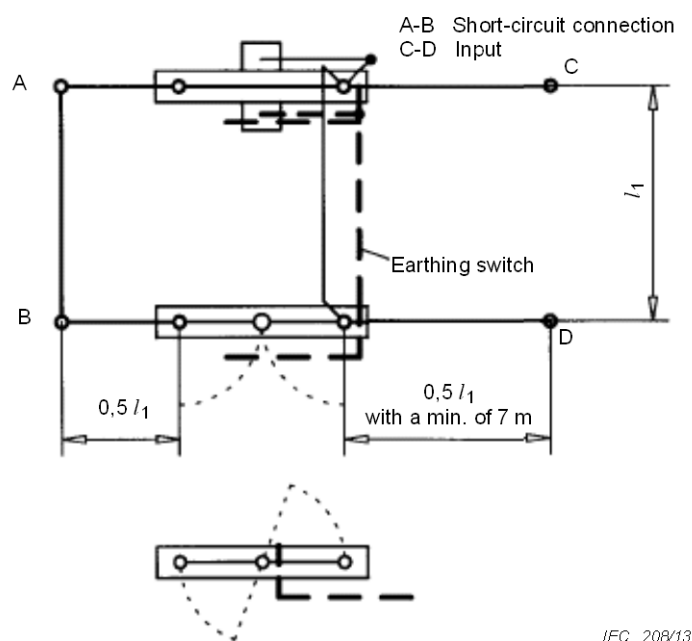
NOTE 1 Care should be taken that forces not representative of service conditions are not introduced by the connections to the supply.

NOTE 2 The distances L_2 and L_3 are as small as possible, but not smaller than L_1 .

Figure 3 – Three-phase test arrangement for disconnectors and earthing switches with rated voltages below 52 kV



a) Test arrangement for disconnectors rated 52 kV to 550 kV



IEC 208/13

b) Test arrangement for disconnectors rated above 550 kV

Key

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

Figure 4 – Single-phase test arrangement for disconnectors with a horizontal isolating distance and for earthing switches with rated voltage of 52 kV and above

Disconnectors intended to be connected in the substation to flexible or rigid conductors shall be tested using flexible conductors and unless otherwise stated with their rated static mechanical terminal load (longitudinal direction F_{d1} in figure 7) in a test set-up with the dimensions given in figure 4. Disconnectors only intended to be connected to rigid conductors may be tested with rigid conductors in a test arrangement with the same dimensions. The dimensions of the conductors used shall be stated in the test report.

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

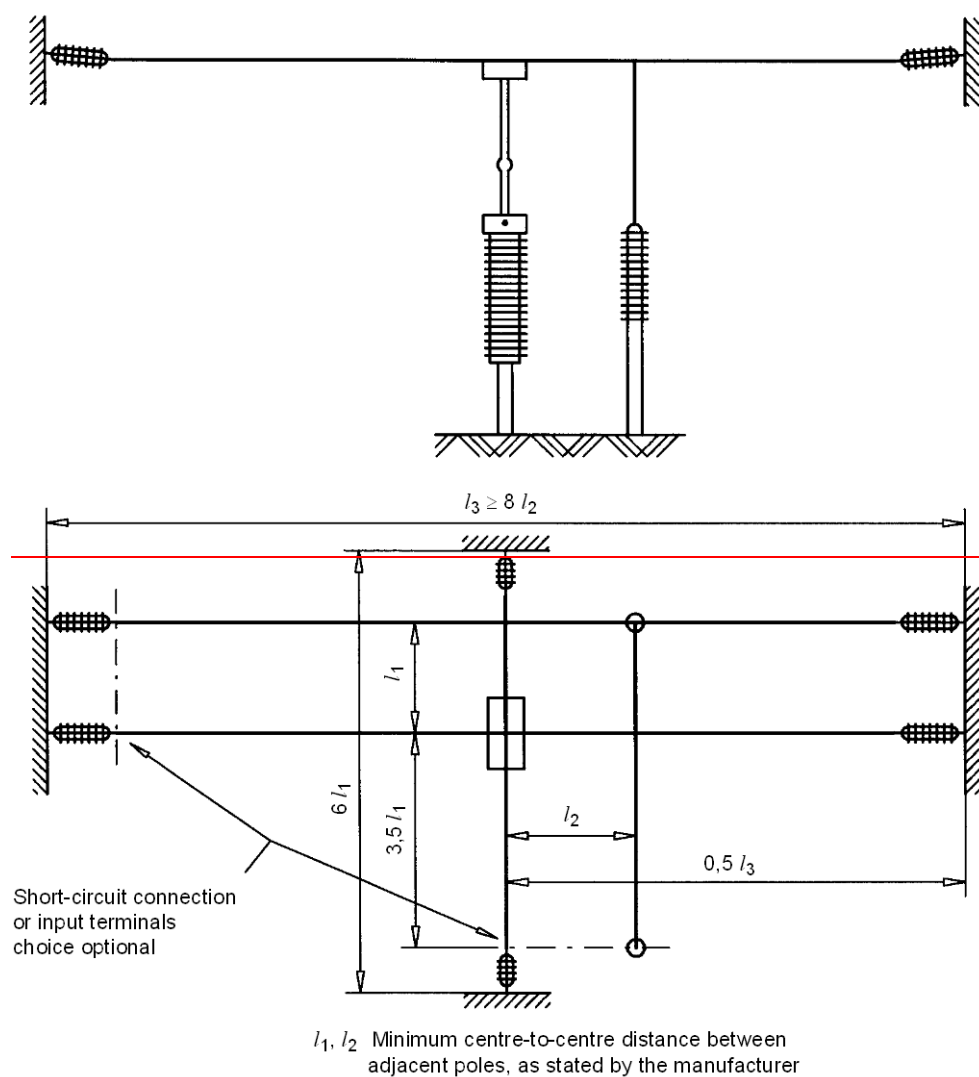
For standardization of tests when they are performed with flexible conductors, and the rated currents of the equipment are larger than 1 250 A normal current and 31,5 kA short-time withstand current for a duration of 1 s, two flexible conductors shall be used having a centre line distance of 70 mm $\pm$ 30 mm without spacers. When spacers are required by the user, this shall be agreed upon between manufacturer and user. This and any other deviations that have been agreed upon between manufacturer and user shall be clearly indicated in the test report. Disconnectors and earthing switches with rated voltages of 300 kV and above shall generally be tested with twin conductors. Flexible conductors used shall have a diameter of 32 mm $\pm$ 10 %.

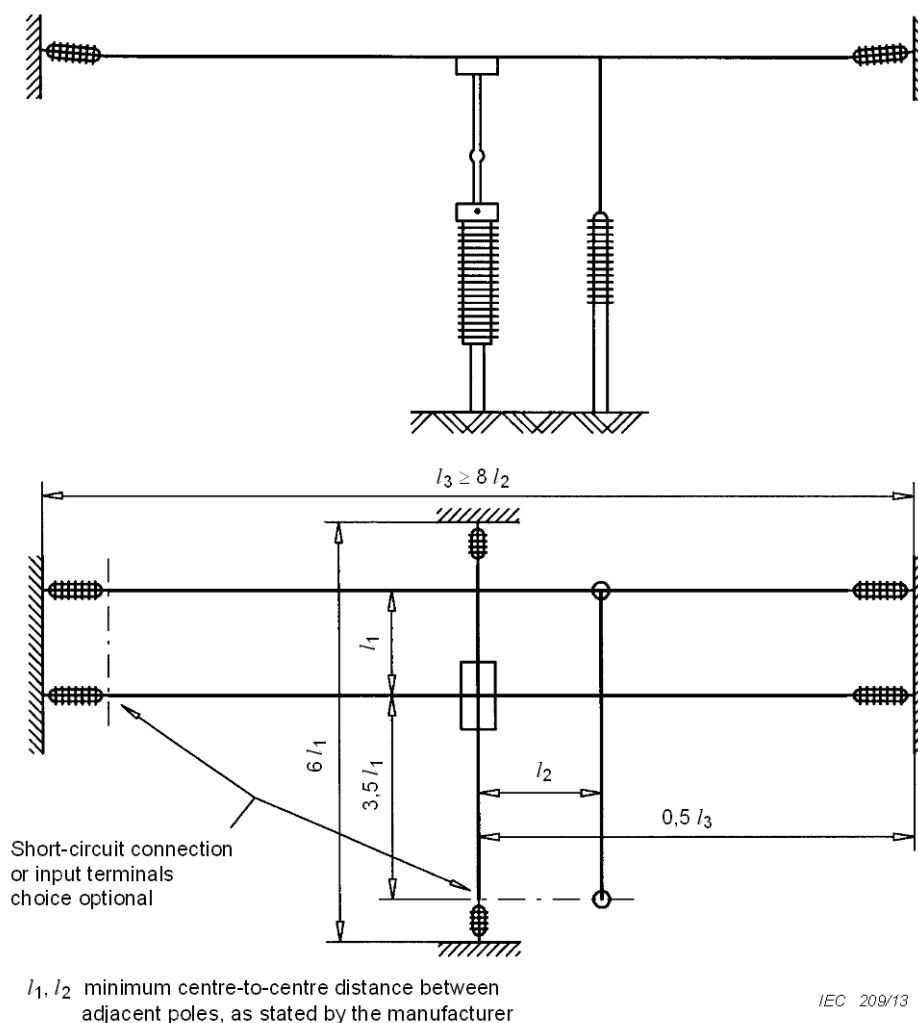
Unless the tested disconnector or earthing switch is solidly fixed to the foundation, the spring constant of the support structure shall be taken into consideration (IEC 60865-1).

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

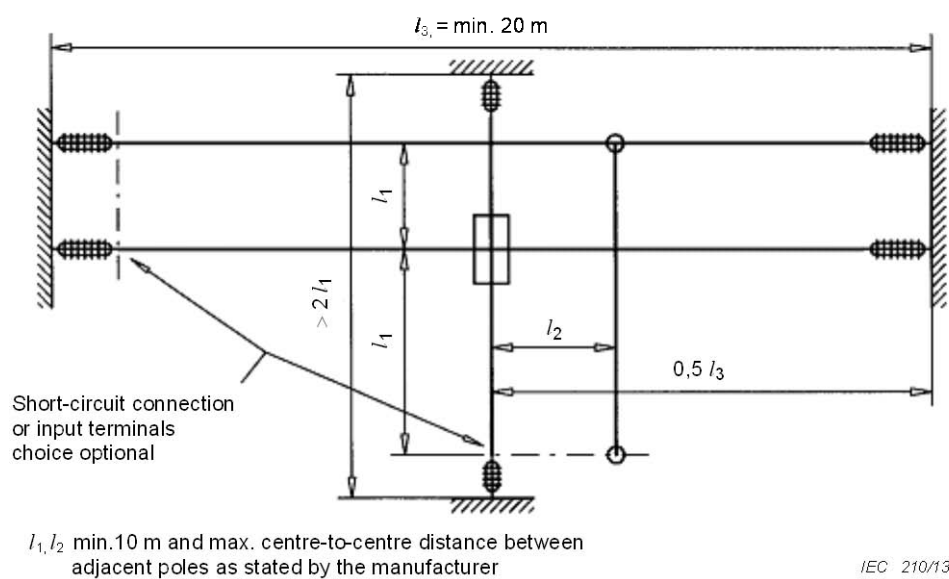
NOTE 1 Care should be taken that forces not representative of service conditions are not introduced by the connections to the supply and that the static terminal loads are not larger than the rated static terminal loads of the switchgear under test. After applying 50 % of the rated static terminal load, the disconnector or earthing switch may be adjusted before the 100 % load is applied.

NOTE 2 In principle, figure 4 is also applicable for testing earthing switches with an appropriate arrangement of the earth conductor.





a) Test arrangement for disconnectors rated 52 kV to 550 kV



b) Test arrangement for disconnectors rated above 550 kV

Figure 5 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) with a vertical isolating distance with rated voltages of 52 kV and above to be used with flexible conductors

For standardization of tests when they are performed with flexible conductors, where the rated currents of the equipment are larger than 1 250 A normal 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 mm $\pm$ 30 mm without spacers. Other spacer arrangements may be agreed upon between manufacturer and user. Such deviations shall be indicated in the test report. Disconnectors and earthing switches with rated voltages of 300 kV and above shall be tested with twin conductors.

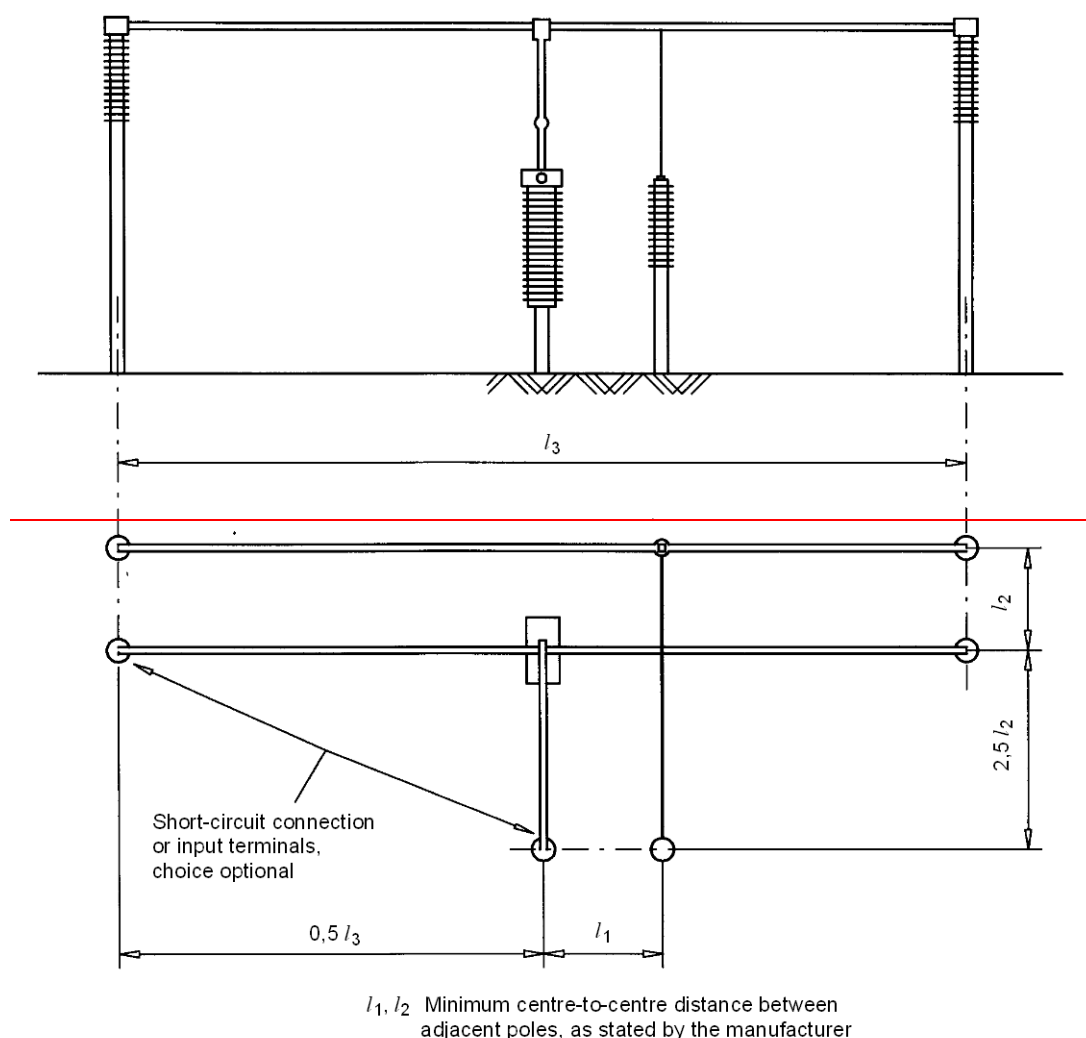
Unless the tested disconnector or earthing switch is solidly fixed to the foundation, the spring constant of the support structure has to be taken into consideration (IEC 60865-1).

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

NOTE 1 Care should be taken that forces not representative of service conditions are not introduced by the connections to the supply and that the static terminal loads are not larger than the rated static mechanical terminal loads of the switchgear under test.

NOTE 2 In principle, figure 5 is also applicable for testing integrated earthing switches with an appropriate arrangement of the earth conductor.

NOTE 3 If, in the test set-up, 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.

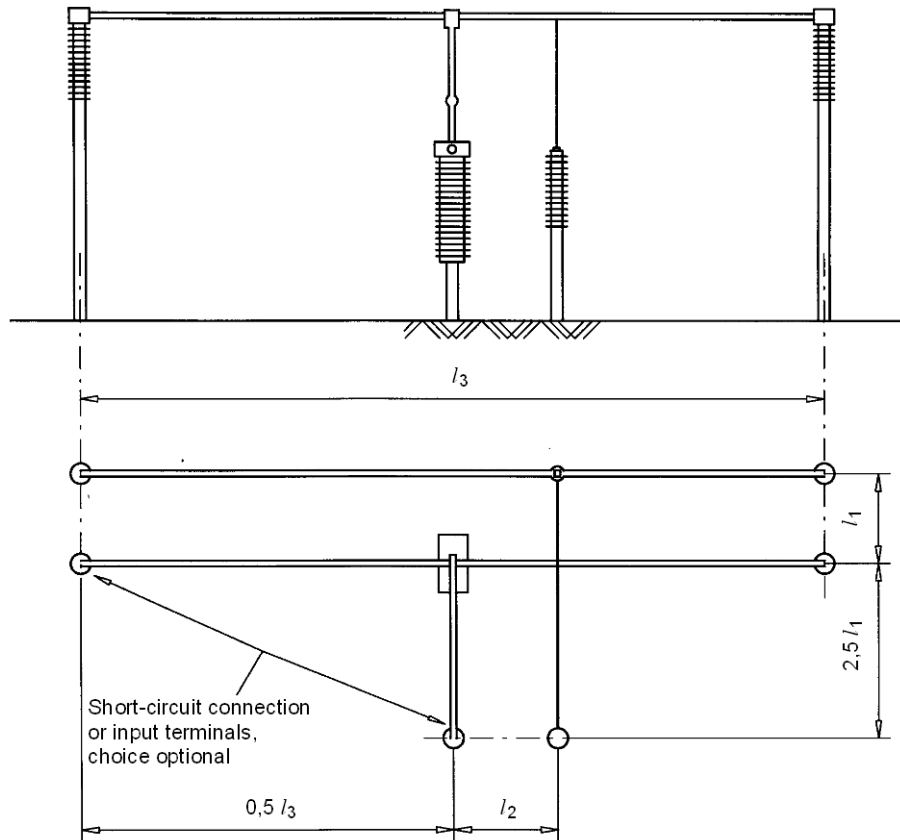


Key

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

$l_3 \geq 4 l_1$ with $U_r \leq 145$ kV

$l_3 = 20 \text{ m} \pm 10 \%$ with $U_r \geq 170$ kV



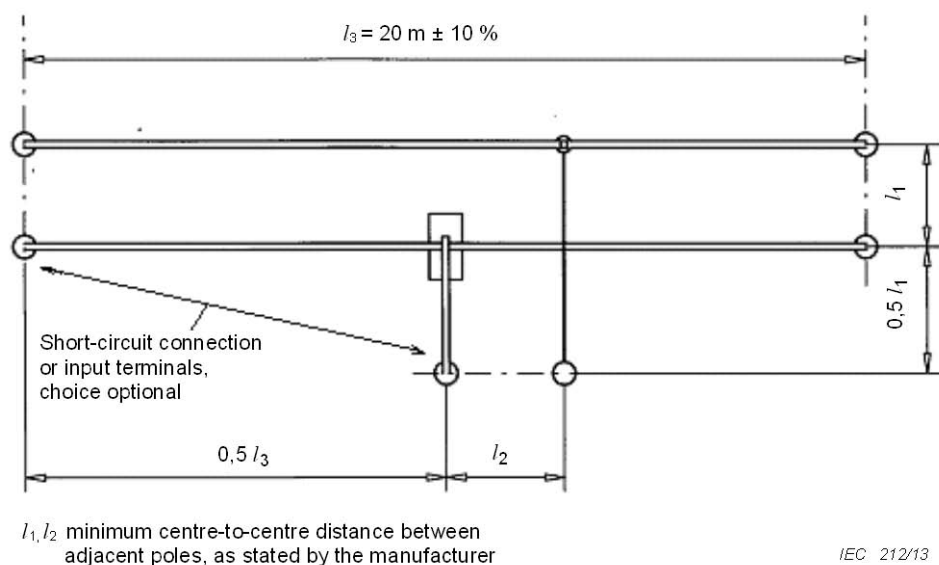
l_1, l_2 minimum centre-to-centre distance between adjacent poles, as stated by the manufacturer

IEC 211/13

For $U_r \leq 145$ kV $l_3 \geq 4l_1$

For $U_r \geq 170$ kV $l_3 = 20 \text{ m} \pm 10 \%$

a) Test arrangement for disconnectors rated 52 kV to 550 kV



b) Test arrangement for disconnectors rated above 550 kV

Figure 6 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) with a vertical isolating distance with rated voltages of 52 kV and above to be used with rigid 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 or certificate shall provide clear details of the mounting arrangements used for the tests or record that the disconnector was solidly fixed to the foundations.

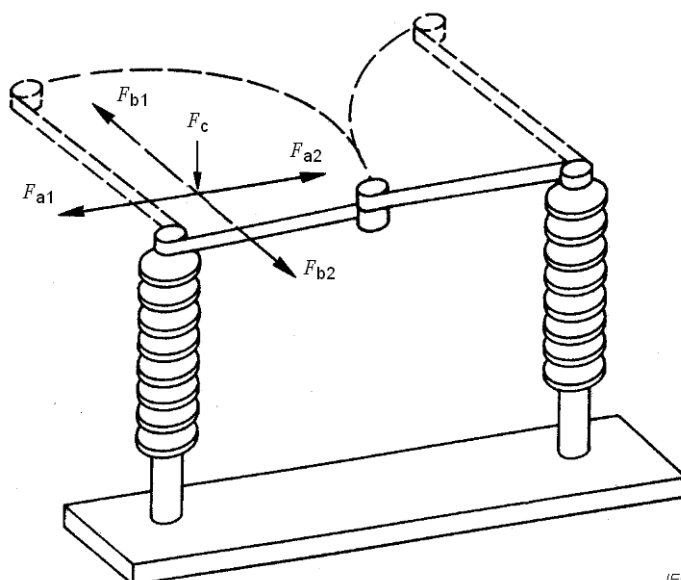
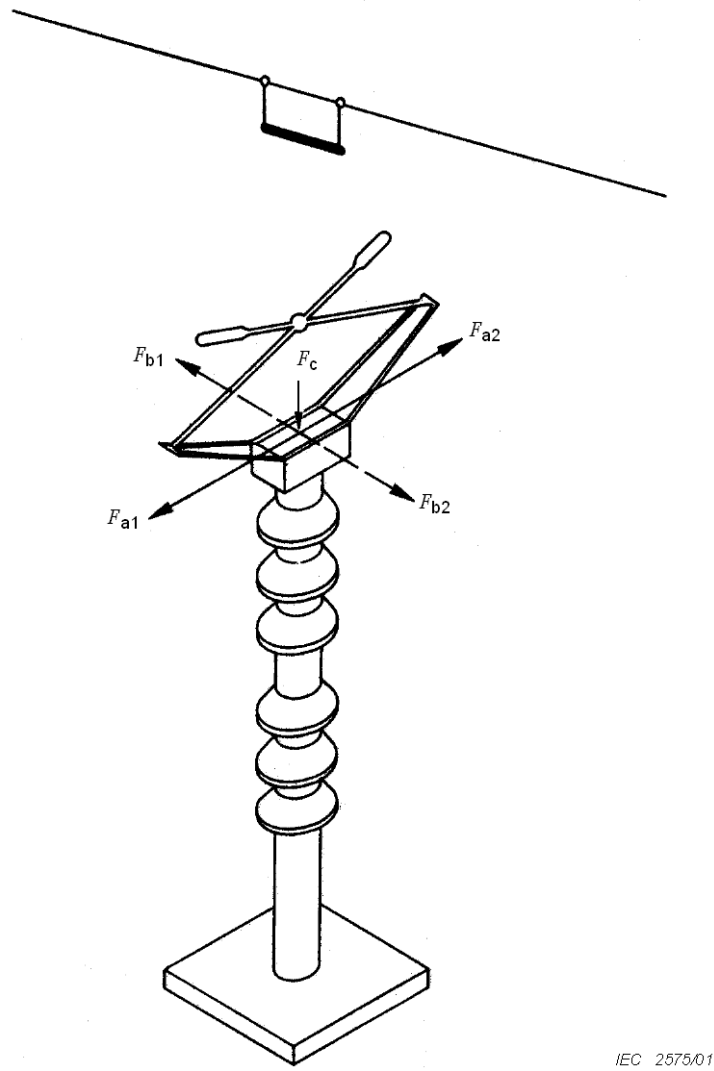


Figure 7 – Example of the application of rated mechanical terminal loads to a two-column disconnector



NOTE Above the pantograph the fixed contact is shown.

Figure 8 – Example of the application of rated mechanical terminal loads to a pantograph disconnector

Annex A (normative)

Design and testing of position indicating devices

A.1 General

This annex applies to alternating current disconnectors and earthing switches, using a position indicating device as alternative to the visible isolating distance or gap.

NOTE According to 5.104.3, a reliable position indicating device may be used to indicate the position of each movable contact ensuring the isolating distance of a disconnector or the gap of an earthing switch, if the isolating distance or the gap is not visible.

In addition to this standard, IEC 60298, IEC 60265-1, IEC 60265-2, IEC 60466 and IEC 60517 accept as an alternative to a visible isolating distance or gap that the moving contact position is shown by a reliable indicating device.

This annex aims to establish the design requirements and the type tests necessary when the position indicating device is connected to the movable contacts of disconnectors or earthing switches by a mechanical connection.

The following additional design and test requirements have to be fulfilled in order for the indicating device to be considered reliable.

A.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

A.3 Definitions

For the purpose of this annex, clause 3 of this standard is applicable with the additions noted below.

A.3.5.111 **power kinematic chain**

mechanical connecting system from and including the operating mechanism up to and including the moving contacts (figure A.1)

A.3.5.112 **position indicating kinematic chain**

mechanical connecting system from and including the moving contacts up to and including the indicating device

A.3.5.113 **connecting point**

most upstream point of the common part of the power and indicating kinematic chains

A.3.5.114**opening point**

nearest accessible point upstream of the connecting point where the power kinematic chain may be opened

A.3.5.115**strain limiting device**

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

A.4 Ratings

Clause 4 of this standard is applicable.

A.5 Design and construction

Clause 5 of this standard is applicable with the following addition:

A.5.104.3.1 Reliable position indicating device

The kinematic chain of the position indicating device shall be designed with sufficient mechanical strength such that it meets the requirements of the specified type tests. The position indicating kinematic chain shall be a continuous mechanical connection to ensure positively driven operation. It may be marked directly on a mechanical part of the power kinematic chain by suitable means. The strain limiting device, if any, shall not be part of the position indicating kinematic chain.

A.6 Type tests

Clause 6 of this standard is applicable with the following additions:

A.6.105 Tests to verify the proper function of the position indicating device

Besides the type tests specified in clause 6 of this standard, during which the correct functioning of the indicating device shall be verified, the equipment shall pass one of the tests in A.6.105.1 and the test in A.6.105.2 according to the type of switching device.

The force/torque measured during the tests is the force F_m or the torque T_m respectively, transmitted through the opening point from the upstream part to the downstream part of the power kinematic chain. The force/torque applied by the operating mechanism is measured by attempting an operation while maintaining the power kinematic chain in the position corresponding to the following test positions:

- for disconnectors: the closed position with the moving contact locked;
- for earthing switches: the open position with the moving contact locked.

In the case of a multi-pole switching device, only the moving contact of the pole with the greatest length of the power kinematic chain is locked.

A.6.105.1 Tests on the power kinematic chain

A.6.105.1.1 Disconnectors and earthing switches with dependent power operation without strain limiting device

Electrical, hydraulic and pneumatic operating mechanism

The test shall be carried out according to the following procedure (refer to figure A.1):

- the power kinematic chain is opened at the opening point;
- the operating mechanism is supplied with 110 % of its rated supply voltage or rated supply pressure given in 4.8 and 4.10 of IEC 60694 and the resulting force (F_m) or torque (T_m) is measured at the opening point after an opening or closing command given to the mechanism;
- the force of 1,5 F_m or a torque of 1,5 T_m is applied at the opening point of the power kinematic chain downstream of the opening point, the disconnector or earthing switch being in its relevant test position.

Test results: refer to A.6.105.3.

NOTE The operating mechanism itself may be used to apply 1,5 of the maximum force/torque.

A.6.105.1.2 Disconnectors and earthing switches with dependent manual operation without strain limiting device

The test shall be carried out according to the following procedure:

- the disconnector or earthing switch is put in the test position;
- a force of 750 N is applied halfway along the length of the gripping part of the operating handle of the operating mechanism.

Test results: refer to A.6.105.3.

NOTE In the case of a switching device with both types of mechanisms according to A.6.105.1.1 and A.6.105.1.2, the force/ torque to be applied at the opening point shall be the highest value.

A.6.105.1.3 Disconnectors and earthing switches with independent power/manual operation with strain limiting device

The test shall be carried out according to the following procedure:

- the power kinematic chain is opened at the opening point;
- the force F_m or the torque T_m transmitted by the strain limiting device is measured upstream of the opening point while attempting to operate the switching device either by actuating the power operated mechanism or by hand, until the strain limiting device operates. The operating mechanism is supplied with 110 % of its rated supply voltage or rated supply pressure given in 4.8 and 4.10 of IEC 60694 or, in the case of a manual operating mechanism, a force up to the operation of the strain limiting device with a maximum of 750 N is applied halfway along the length of the gripping part of the operating handle of the operating mechanism;
- a force of 1,5 F_m or a torque of 1,5 T_m is applied at the opening point of the power kinematic chain downstream of the opening point, the disconnector or earthing switch being in its relevant test position..

Test results: refer to A.6.105.3.

A.6.105.1.4 Disconnectors and earthing switches with independent power/manual operation being actuated by the release of latching devices without strain limiting device

The test shall be carried out according to the following procedure:

- the power kinematic chain is opened at the opening point;
- the operating energy is stored in the mechanism.

NOTE The energy may be stored in the operating mechanism either by hand or by power.

- the mechanism is given an opening or closing command and the resulting force F_m or torque T_m is measured at the opening point;
- a force of $1,5 F_m$ or a torque of $1,5 T_m$ is applied at the opening point of the power kinematic chain downstream of the opening point, the disconnector or earthing switch being in its relevant test position.

Test results: refer to A.6.105.3.

A.6.105.1.5 Disconnectors and earthing switches with independent power/manual operation with or without strain limiting device

The test shall be carried out according to the following procedure:

- the power kinematic chain is opened at the opening point;
- the operating mechanism is supplied with 110 % of its rated supply voltage or rated supply pressure given in 4.8 and 4.10 of IEC 60694 and the force F_m or the torque T_m transmitted is measured at the opening point;

NOTE 1 Depending on the type of mechanism, the opening or closing command may lead to storing of the operating energy in the mechanism before it is released to the kinematic power chain.

- in the case of a manual operating mechanism, a force up to 750 N shall be applied halfway along the length of the gripping part of the operating handle and the force F_m^* or the torque T_m^* transmitted is measured at the opening point of the operating mechanism;

NOTE 2 Depending on the type of mechanism, the manual opening or closing operation may lead to the storing of the operating energy in the mechanism before it is released to the kinematic power chain.

- a force of $1,5 F_m^*$ or a torque of $1,5 T_m^*$, whichever is the highest when both power and manual operation are provided, is applied at the opening point of the power kinematic chain downstream of the opening point, the disconnector or earthing switch being in its relevant test position.

Test results: refer to A.6.105.3.

A.6.105.2 Test on the position indicating kinematic chain

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

If, during service operations, the part of the position indicating kinematic chain between the power kinematic chain and the position indicating device is inside an enclosure providing a minimum degree of protection equivalent to IP2XC of IEC 60529, and which has passed a mechanical impact test according to 6.7.2 of IEC 60694 with an energy of 2 J, no supplementary tests are required but the following remarks shall be considered.

The blows shall be applied to the points of the enclosure that are likely to be the weakest in relation to the protection of the indicating kinematic chain and the indicating device.

In all other cases, a test shall be carried out blocking the position indicating device instead of the moving contact.

Test results: refer to A.6.105.3.

A.6.105.3 Test results

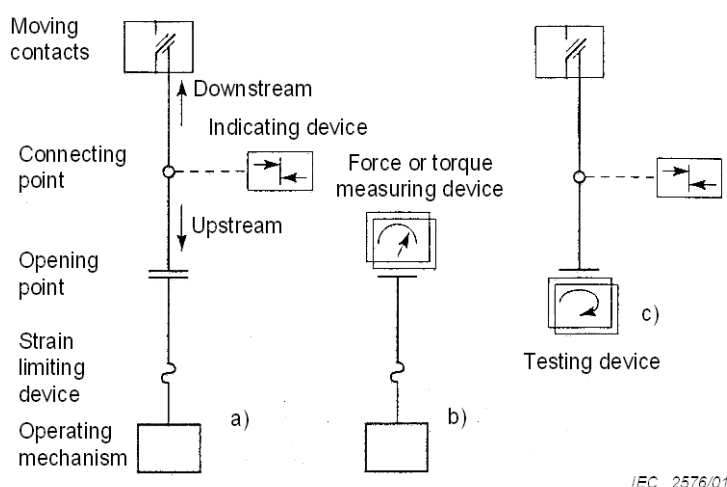
Each test is passed if

- after the test the position indicating device indicates correctly the position of the moving contact,
- there is no permanent distortion on the position indicating kinematic chain. If a distortion or break occurs in the power kinematic chain upstream of the connecting point, it is permitted to replace components in order to complete the required operations. This shall be mentioned in the type test report.

A.7 Routine tests

Clause 7 of this standard is applicable with following addition:

During the mechanical operating tests it shall be verified that the position indicating device indicates correctly the open and closed position of the moving contacts.



Key

———— power kinematic chain

----- indicating kinematic chain

(a) Principle of the mechanical connection

(b) Measuring phase (except A.6.105.1.2)

(c) Testing phase (except A.6.105.1.2)

NOTE Upstream is the sense towards the source of energy, downstream is the sense towards the contacts.

Figure A.1 – Position indicating device

Annex B (normative)

Bus-transfer current switching by disconnectors

B.1 General

This annex applies to alternating current disconnectors, with rated voltages of 52 kV and above, capable of switching bus-transfer currents.

NOTE The switching of bus-transfer currents by disconnectors having rated voltages below 52 kV may also be performed; however, bus-transfer switching current ratings and type tests are not normally required. Tests may be performed upon agreement between the user and manufacturer.

This annex aims to establish switching requirements and specify test methods for disconnectors used to transfer load currents from one bus system to another. For this switching duty, a disconnector having a breaking and making capability is required, depending upon the magnitude of the load transferred, the size of the loop between the location(s) of the bus coupling and the disconnector to be operated.

B.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

B.3 Definitions

For the purpose of this annex, clause 3 of this standard is applicable with the additions noted below.

B.3.7.124

bus-transfer current

current which a disconnector is capable of switching when it transfers load from one bus system to another

B.3.7.125

bus-transfer voltage

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

B.3.7.126

rated bus-transfer current

maximum bus-transfer current that the disconnector is capable of switching at the rated bus-transfer voltage

B.3.7.127

rated bus-transfer voltage

maximum bus-transfer voltage at which the disconnector is capable of switching the rated bus-transfer current

B.4 Ratings

Clause 4 of this standard is applicable with the additions noted below:

Additional ratings for disconnectors used to transfer load currents from one bus system to another, should be selected from the following:

B.4.106.1 Rated bus-transfer current

The value of the rated bus-transfer current for both air-insulated and gas-insulated disconnectors shall be 80 % of the rated normal current. It will normally not exceed 1 600 A, irrespective of the rated normal current of the disconnector.

NOTE 1 A maximum rated bus-transfer current of 1 600 A was chosen as being typically the highest current which can be switched even though the rated normal current of the disconnector may be substantially greater. It is common practice to select disconnectors based on the short-time current ratings as well as the rated normal current. The maximum continuous current carried by the disconnector, therefore, may be considerably less than the rated normal current. Rated bus-transfer currents greater than 80 % of the rated normal current or greater than 1 600 A may be assigned by the manufacturer.

For rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV the rated bus-transfer current for both air insulated and gas insulated disconnectors shall be 80 % of the rated normal current, without any upper limit.

NOTE 2 Rated bus-transfer currents greater than 80 % of the rated normal current may be assigned by the manufacturer.

B.4.106.2 Rated bus-transfer voltage

Rated bus-transfer voltages are given in table B.1. Other rated-bus transfer voltages may be assigned by the manufacturer.

Table B.1 – Rated bus-transfer voltages for disconnectors

Rated voltage U_r kV	Air insulated disconnectors V r.m.s.	Gas insulated disconnectors V r.m.s.
52 72,5 100 123 145 170	100	10
245 300 362	200	20
420	300	40
550 800		
1 100 1 200	750	130

B.5 Design and construction

Clause 5 of this standard is applicable with the following addition:

B.5.10 Nameplates

The rated bus-transfer current shall be marked on the nameplate of a disconnector having a bus-transfer current making and breaking capability.

B.6 Type tests

Clause 6 of this standard is applicable with the following additions:

In addition to those tests specified in clause 6 of this standard, a disconnector having a bus-transfer current making and breaking capability shall be subjected to making and breaking tests under bus-transfer conditions.

NOTE 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. This means that bus-transfer current switching devices of a given design may also be used with other disconnectors, without repeating the type test, if the manufacturer can show evidence that the bus-transfer current switching device is operated by the other disconnector in the same way as by the disconnector with which the type test has been performed. It has to be considered that the bus-transfer current switching capability only depends on the characteristic values of the test circuit and the operating speed, and not on the dielectric characteristic and current ratings of the disconnector.

B.6.106 Making and breaking tests

B.6.106.1 Arrangement of the disconnector for tests

The disconnector 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 air pressure, respectively.

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

For gas-insulated disconnectors, tests shall be performed at the minimum gas density.

Disconnectors 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.

NOTE 1 Tests should be conducted to prove that a manually operated disconnector will operate satisfactorily at the minimum operating speed expected, as stated by the manufacturer.

Consideration shall be given to the effects of energization of both terminals of the disconnector. When the physical arrangement of one side of the disconnector differs from that of the other side, the supply side of the test circuit shall be connected to the side which represents the most onerous 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 disconnector and 50 % with the supply connected to the other side.

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

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

NOTE 2 Single-pole tests are adequate to demonstrate the making and breaking performance of a disconnector, 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-pole test, it is shown that the arc may reach an adjacent phase, then three-pole tests should be performed using the specific disconnector configuration.

B.6.106.2 Earthing of the test circuit and disconnector

The frame of the disconnector shall be earthed. The test circuit shall be earthed as shown in figure B.1. For gas-insulated disconnectors, it may be necessary to use an alternative test circuit, see B.6.106.6.

B.6.106.3 Test frequency

Disconnectors shall preferably be tested at rated frequency; however, for convenience of testing, tests may be performed at either 50 Hz or 60 Hz and are considered to be equivalent.

B.6.106.4 Test voltage

The test voltage shall be selected so as to yield the required rated bus-transfer voltage ($+10\%$ -0%) across the open disconnector terminals as given in table B.1.

The test voltage shall be measured immediately after current interruption.

As noted in 6.106.1, only single-pole tests are normally required. If three-pole 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.

B.6.106.5 Test current

The test current shall be equal to the rated bus-transfer current ($+10\%$ -0%) as defined in B.3.106.3. The test current shall be measured before operation of the disconnector.

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

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

B.6.106.6 Test circuits

Field tests or laboratory tests may be made. For laboratory tests, the test circuits A and B (see figure B.1) shall have a power factor not exceeding 0,15. Either test circuit may be used at the convenience of the test laboratory.

The characteristic values of the test circuit components, U_{BT} and Z_{BT} , are selected to provide the required test current and the power frequency recovery voltage.

If three-pole tests are required, the three-phase 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.

NOTE 1 Other test circuits may be used which will produce the required test currents and voltages, and the proper transient recovery voltage (TRV) parameters.

NOTE 2 For gas-insulated disconnectors, the insulation integrity to earth during switching is normally not in question. In case of doubt, tests may be conducted with the rated phase-to-earth voltage of the disconnector applied to the enclosure. A separate voltage source may be used.

NOTE 3 For field tests, it may not be possible to achieve the required tolerances on the test currents and voltages. These requirements may be waived upon agreement between the manufacturer and the user.

The prospective TRV waveforms should have the form of a triangular wave due to the surge impedance of the connected bus system. For convenience in testing, however, transient recovery voltages having a $(1 - \cos)$ form may be used, having a frequency of not less than 10 kHz and a prospective amplitude factor not less than 1,5.

NOTE 4 TRV control components may be added to the test circuit.

NOTE 5 The arc voltage of the disconnector under test will typically be relatively high compared to the test voltage. This will result in a significant damping of the TRV and a phase shift in the current such that the test current will be practically in phase with the test voltage. The TRV parameters (rate-of-rise and peak value), therefore, are not significant and a detailed specification is not required.

B.6.106.7 Test duties

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.

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

B.6.106.8 Behaviour of the disconnector during tests

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

Outward emission of flame or metallic particles from the disconnector during operation is permitted, if this does not impair its insulation level or prove to be harmful to a local operator or others in the vicinity.

B.6.106.9 Condition of disconnector after tests

The mechanical functions and the insulation of the disconnector shall be essentially in the same condition as before the tests. The disconnector shall be capable of carrying its rated normal current without the temperature rise exceeding the values specified.

Evidence of mechanical wear and erosion due to arcing is acceptable as long as it is consistent with the anticipated operating life of the disconnector. 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.

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

If the isolating properties are doubted, a condition checking test according to 6.2.11 of IEC 60694 should be performed to verify the isolating properties.

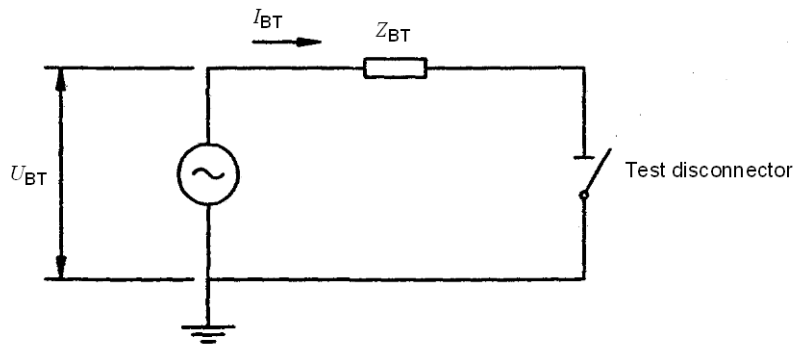
B.6.106.10 Type test reports

The results of all type tests shall be recorded in type test reports containing sufficient data to prove compliance with this standard. Sufficient information should be included so that the essential parts of the disconnector tested can be identified.

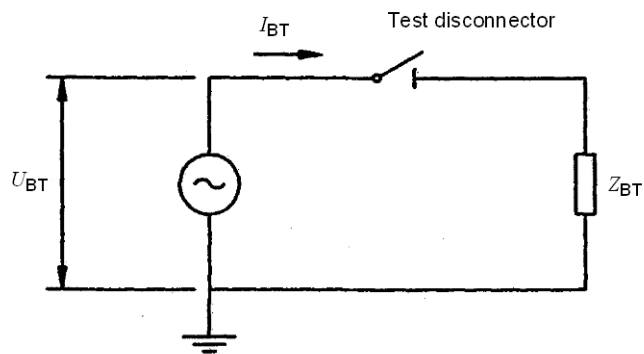
The test report shall contain the following information:

- 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;
- g) arcing times;
- h) number of making and breaking operations;
- i) record of the condition of the contacts after test (see B.6.106.9).

General information concerning the supporting structure of the disconnector should be included. The operating time of the disconnector and the type of operating devices employed during the tests should, where applicable, be recorded.



Test circuit A



Test circuit B

IEC 2577/01

Key

$$I_{BT} = \text{rated bus-transfer current} = U_{BT} / Z_{BT}$$

Figure B.1 – Test circuits for bus-transfer current making and breaking tests

Annex C (normative)

Induced current switching by earthing switches

C.1 General

This annex applies to alternating current earthing switches, with a rated voltage of 52 kV and above, capable of switching induced currents.

NOTE The making and breaking of induced currents is occasionally required for earthing switches having rated voltages below 52 kV; however, induced current ratings and type tests are not normally required. Tests may be performed upon agreement between the user and manufacturer.

The aim of this annex is to standardize switching requirements for earthing switches used to earth transmission lines. In the case of multiple configurations of overhead transmission lines, current may 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.

C.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

C.3 Definitions

Clause 3 of this standard is applicable with the following additions:

C.3.4.105.4

class A earthing switch

earthing switch designated to be used in circuits having relatively short sections of line or low coupling to adjacent energized circuits

C.3.4.105.5

class B earthing switch

earthing switch designated to be used in circuits having relatively long lines or high coupling to adjacent energized circuits

NOTE Earthing switches having a making capability (class E1 and E2) which belong to class A or B will have a combined class designation, i.e. A+E1, B+E2, etc.

C.3.7.128

electromagnetically induced current

inductive current that an earthing switch is capable of switching 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 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 on the tower.

NOTE 2 The inductive voltage across an open earthing switch at one termination of a line, when a second line termination is earthed, is dependent upon the current in the energized line, the coupling factor to the energized line, as determined by the circuit configuration on the tower, and the length of that part of the earthed line which is in proximity to an energized line.

C.3.7.129 **electrostatically induced current**

capacitive current that an earthing switch is capable of switching when it connects to or 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 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 on the tower, and the length of the earthed line between the earthed termination and the open termination.

NOTE 2 The capacitive voltage across an open earthing switch at one termination of a line, when the second line termination is open, is dependent upon the voltage of the energized line and the coupling factor to the energized line, as determined by the circuit configuration on the tower.

C.4 Ratings

Clause 4 of this standard is applicable with the following additions:

Earthing switches having rated voltages of 52 kV and above may require induced current and voltage ratings. Depending upon the severity of the switching duty, earthing switches for this application are divided into class A and B (see C.3.102.5.4 and C.3.102.5.5).

C.4.107.1 Rated induced current

Separate ratings for electromagnetically induced and electrostatically induced currents shall be assigned.

The rated induced current is the maximum current that the earthing switch is capable of switching at the rated induced voltage.

The rated induced voltage is the maximum power frequency voltage at which the earthing switch is capable of switching the rated induced current.

Rated induced currents for the two classes of earthing switches are given in table C.1.

The earthing switch shall be capable of carrying the rated induced current (see C.6.5).

**Table C.1 – Standardized values of rated induced currents and voltages
for earthing switches**

Rated voltage U_r kV	Electromagnetic coupling				Electrostatic coupling			
	Rated induced current		Rated induced voltage		Rated induced current		Rated induced voltage	
	A (r.m.s.)		kV (r.m.s.)		A (r.m.s.)		kV (r.m.s.)	
	Class		Class		Class		Class	
	A	B	A	B	A	B	A	B
52	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
72,5	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
100	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
123	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
145	50	80	1	2	0,4	2	3	6
170	50	80	1	2	0,4	3	3	9
245	80	80	1,4	2	1,25	3	5	12
300	80	160	1,4	10	1,25	10	5	15
362	80	160	2	10	1,25	18	5	17
420	80	160	2	10	1,25	18	5	20
550	80	160	2	20	2	25	8	25
800	80	160	2	20	3	25	12	32
1 100	110	440	5	65	7,5	50	20	40
1 200	110	440	5	65	7,5	50	20	40

NOTE 1 Class A earthing switches: low coupling or relatively short parallel lines. Class B earthing switches: high coupling or relatively long parallel lines.

NOTE 2 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 may be higher than the given values. For these situations, the rated values should be subject to agreement between manufacturer and user.

NOTE 3 The rated induced voltages correspond to line-to-earth values for both single-phase and three-phase tests (see C.6.105.6).

C.4.107.2 Rated induced voltage

Separate ratings for electromagnetically and electrostatically induced voltages shall be assigned.

Rated induced voltages for the two classes of earthing switches are given in table C.1.

C.5 Design and construction

Clause 5 of this standard is applicable with the following addition:

C.5.10 Nameplates

The class designation shall be marked on the nameplate of an earthing switch having an induced current making and breaking capability.

C.6 Type tests

Clause 6 of this standard is applicable with the following additions:

Type tests for earthing switches having a rated induced current making and breaking 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.

C.6.5 Temperature-rise tests

Tests will not normally be required since the rated short-time current of the earthing switch may be used to verify that the temperature rises for typical induced current ratings are insignificant. In case of doubt, temperature-rise tests should be performed upon agreement between the manufacturer and the user.

Subclause 6.5 of IEC 60694 is applicable, if tests are required.

C.6.105 Making and breaking tests

C.6.105.1 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 at the minimum air 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.

For gas-insulated earthing switches, tests shall be performed at the minimum gas density.

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

NOTE 1 Tests should be conducted to prove that a manually operated earthing switch will operate satisfactorily at the minimum operating speed expected, as stated by the manufacturer.

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 make,
- speed of break,
- influence of adjacent poles or proximity of energized phases.

NOTE 2 Single-pole 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 may occur. If, on the basis of a single-pole test, it is determined that the arc may reach an adjacent energized phase, then three-pole tests should be performed using the specific earthing switch configuration.

C.6.105.2 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.

C.6.105.3 Test frequency

Earthing switches shall preferably be tested at rated frequency; however, for convenience of testing, tests may be performed at either 50 Hz or 60 Hz and are considered to be equivalent.

C.6.105.4 Test voltage

The test voltages shall be selected such as to yield the appropriate power frequency voltage ($+10\%$ to -0%) across the earthing switch terminals, as shown in table C.2, before making and after breaking. For electromagnetically induced current switching, the test voltage shall be measured immediately after current interruption. For electrostatically induced current switching, the test voltage shall be measured immediately prior to making of the earthing switch.

As noted in C.6.105.1, only single-pole tests are normally required. If three-pole 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.

C.6.105.5 Test currents

The test currents shall be equal to the rated induced currents ($+10\%$ to -0%) as shown in table C.1.

The current to be interrupted shall be symmetrical with negligible decrement. 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 capacitive current breaking tests shall be, as nearly as possible, sinusoidal. This condition is considered to be complied with if the ratio of the r.m.s. value of the total current to the r.m.s. 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.

C.6.105.6 Test circuits

Field tests or laboratory tests may be made. For laboratory tests, the transmission lines may be replaced by lumped elements consisting of capacitors, inductors and resistors.

If three-pole tests are required, the three-phase 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.

NOTE 1 Test circuits other than those specified may be used as long as they produce the required test currents and voltages and the proper transient recovery voltage parameters.

NOTE 2 For field tests, it may not be possible to achieve the required tolerances on the test currents and voltages. These requirements may be waived upon agreement between the manufacturer and user. It should be noted that if voltage transformers are connected to the earthed voltage line being switched, ferro-resonance may occur during switching depending upon the characteristics of the transformer and the length of the earthed line.

C.6.105.6.1 Test circuit for electromagnetically induced current making and breaking tests

The single-phase test circuit (figure C.1) 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 .

The values of supply voltage (U_L) and inductance (L) may be calculated from the values given in table C.1, 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. For convenience in testing, however, 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 C.2.

Table C.2 – Standardized 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
	(⁺¹⁰ ₀ %) kV r.m.s.	(⁺¹⁰ ₀ %) kV	(⁰ ₋₁₀ %) µs	(⁺¹⁰ ₀ %) kV r.m.s.	(⁺¹⁰ ₀ %) kV	(⁰ ₋₁₀ %) µs
52	0,5	1,1	100	2	4,5	300
72,5	0,5	1,1	100	2	4,5	300
100	0,5	1,1	100	2	4,5	300
123	0,5	1,1	100	2	4,5	300
145	1	2,3	200	2	4,5	300
170	1	2,3	200	2	4,5	300
245	1,4	3,2	200	2	4,5	330
300	1,4	3,2	200	10	23	850
362	2	4,5	325	10	23	1 000
420	2	4,5	325	10	23	1 000
550	2	4,5	325	20	45	2 000
800	2	4,5	325	20	45	2 000
1 100	5	11,3	750	65	145	2 400
1 200	5	11,3	750	65	145	2 400

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 C.6.105.6.1). The time to peak is valid for either waveform type.

C.6.105.6.2 Test circuits for electrostatically induced current making and breaking test

The test circuits 1 or 2 in figure C.2, can be selected as suitable for the test laboratory, since, as long as the equations within the circuit parameters are satisfied, they are equivalent.

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 may be calculated from the given values of C_1 in table C.3 and the rated current and voltage values in table C.1, by using the equations noted in figure C.2. 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 may be calculated from the values derived for test circuit 1.

A resistance (R), not exceeding 10 % of the capacitive impedance [$\omega(C_1 + C_2) = \omega C_1'$], as seen from the disconnector, may be inserted in the circuits as shown in figure C.2. The value chosen, however, should not be greater than the surge impedance of the transmission line considered, nor lead to an aperiodic damping of the inrush current when closing the earthing switch.

Table C.3 – Test circuit capacitances (C_1 values) for electrostatically induced current making and breaking tests

Rated voltage kV	Test circuit capacitance	
	Class A ± 10 % μF	Class B ± 10 % μF
52	0,07	0,27
72,5	0,07	0,27
100	0,07	0,27
123	0,07	0,27
145	0,13	0,27
170	0,13	0,27
245	0,15	0,27
300	0,15	0,80
362	0,29	1,18
420	0,29	1,18
550	0,35	1,47
800	0,35	1,47
1 100	0,8	2,63
1 200	0,8	2,63

NOTE Values of C_1 may 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:

– 52 kV to 170 kV: 425 Ω ;

– 245 kV to 300 kV: 380 Ω ;

– 362 kV to 800 kV: 325 Ω .

– 1 100 kV to 1 200 kV: 290 Ω .

C.6.105.7 Test duties

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

C.6.105.8 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 switch during operation is permitted, if this does not impair the insulation level of the earthing switch or prove to be harmful to an operator or other person in the vicinity.

C.6.105.9 Condition of earthing switch after tests

The mechanical functions 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.

Evidence of mechanical wear and erosion due to arcing is acceptable as long as it is consistent with the anticipated operating life and maintenance regime of the earthing switch. The quality of 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.

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 for confirmation.

If the isolating properties across the open earthing switch are doubted, a condition checking test according to 6.2.11 of IEC 60694 shall be performed to verify the isolating properties.

C.6.105.10 Type test reports

The results of all type tests shall be recorded in type test reports containing sufficient data to prove compliance with this standard. Sufficient information should be included so that the essential parts of the earthing switch tested can be identified.

The 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 should, where applicable, be recorded.

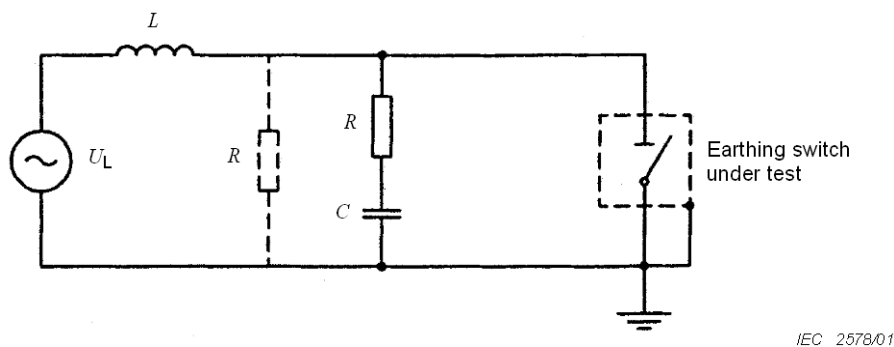
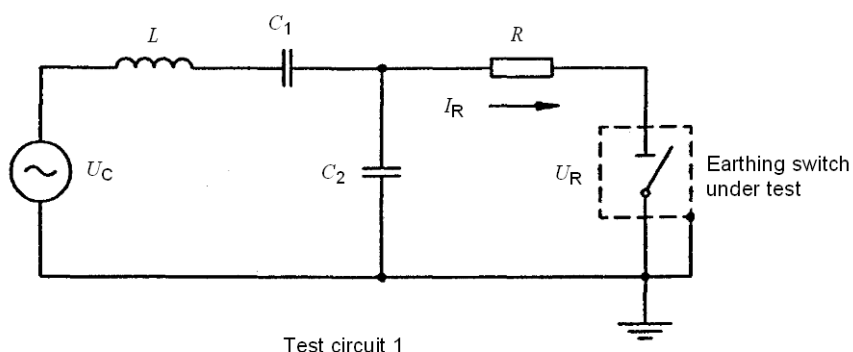
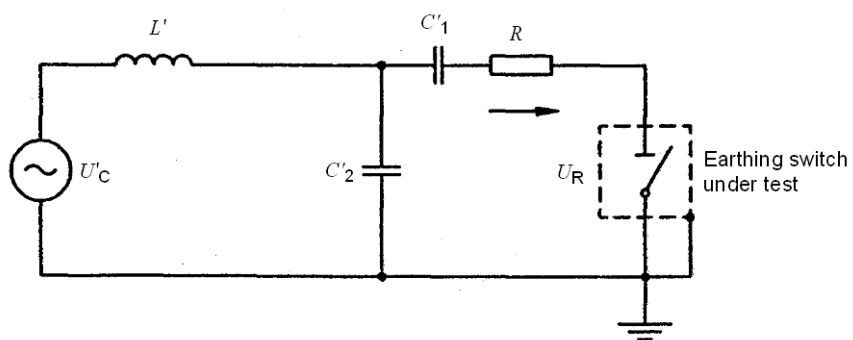


Figure C.1 – Test circuit for electromagnetically induced current making and breaking tests



Test circuit 1



Test circuit 2

IEC 2579/01

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

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

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

$$u'_C = \left[\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right] \times u_C, \text{ or } u'_C = u_R$$

$$C_2 = C_1 \times \left[\frac{u_C}{u_R} - 1 \right]$$

$$C'_1 = C_1 + C_2$$

$$C'_2 = C_2 \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right)$$

where

Z_0 is the surge impedance of the line:

- 425 Ω for rated voltages of 52 kV up to and including 170 kV;
- 380 Ω for rated voltages of 245 kV up to and including 300 kV;
- 325 Ω for rated voltages of 362 kV up to and including 800 kV.

Key

i_R is the rated induced current from table C.1

u_R is the rated induced voltage from table C.1

C_1 is the test circuit impedance given in table C.3

Figure C.2 – Test circuits for electrostatically induced current making and breaking tests

Annex D (informative)

Test voltage for the most disadvantageous dielectric position of an earthing switch during operation (temporary approach)

For standardization of dielectric strength during the temporary approach, the following facts need to be taken into consideration:

- for rated voltages up to and including 170 kV, two types of systems exist; one with a solidly earthed neutral and the other with a resonance earthed neutral using a Peterson coil;
- for rated voltages of 245 kV and above, the solid earthing of the neutral is the standard;
- for rated voltages of 300 kV and above, 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).

Therefore, for the lower voltage range, it is reasonable to standardize two different test voltages for the temporary approach (one for solidly earthed systems and one for resonance earthed systems) and to standardize one test voltage only for system voltages of 245 kV and above.

Because of the relatively low power frequency withstand voltage for systems of 300 kV and above, the disconnectors and earthing switches of 245 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 temporary approach 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 temporary approach distance.

For standardization, the following values are therefore suggested:

- a) for rated voltages up to and including 170 kV:
 - $2 \times U_r / \sqrt{3}$ for solidly earthed neutral systems,
 - $1,3 \times U_r$ for unearthed neutral systems;
- b) for rated voltages of 245 kV up to and including 800 kV which are generally solidly earthed:
 - $2 \times U_r / \sqrt{3}$.

The suggested test voltages for the earthing switch blade in the most disadvantageous position are given in table 5 after taking into consideration the above-mentioned details.

Annex E (normative)

Special requirements for disconnectors and earthing switches used in gas-insulated and/or metal-enclosed switchgear

E.1 General

E.1.1 Overview

This annex applies specifically to alternating current disconnectors and earthing switches used in gas-insulated and in metal-enclosed switchgear designed for voltages above 1 000 V and for service frequencies up to and including 60 Hz.

Only those parts of the components implementing the specific function of disconnection or earthing are considered. Should disconnectors and earthing switches be integrated into a compartment or a cubicle, IEC 60517 or IEC 60298 will apply, depending on the voltage level.

E.1.2 Normative references

Subclause 1.2 of this standard is applicable.

E.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

E.3 Definitions

Clause 3 of this standard is applicable with the following additions:

E.3.5.116 bushing

component carrying one or more conductors through an enclosure and insulating it therefrom including the means of attachment (3.109 of IEC 60517)

E.3.7.129 design temperature (of the enclosure)

highest temperature which can be reached by the enclosure under service conditions
(3.114 of IEC 60517)

E.3.7.130 design pressure (of the enclosure)

pressure used to determine the thickness of the enclosure
(3.115 of IEC 60517)

E.3.7.131 rated filling pressure for insulation (or density)

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

(3.6.4.1 of IEC 60694)

E.3.7.132

minimum functional pressure for insulation (or density)

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

(3.6.4.5 of IEC 60694)

E.4 Ratings

Clause 4 of this standard is applicable with the following additions made to the list of ratings:

p) rated bus-charging current switching capability, when applicable (see annex F).

E.4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 60694 is applicable.

E.4.10 Rated filling pressure (or density) for insulation

Subclause 4.10 of IEC 60694 is applicable.

E.5 Design and construction

Clause 5 of this standard is applicable with the following additions:

E.5.3 Earthing of disconnectors and earthing switches

Subclause 5.3 of IEC 60694 and 5.3 of IEC 60517 or IEC 60298 are applicable.

If, for testing purposes, an external connection through the earthing switch exists that requires disconnecting of the earth point, it shall be able to withstand the rated short-circuit current. The relevant insulation level (d.c. and a.c.) of this external connection – when removed – shall be stated by the manufacturer. Where required, the dielectric losses (mW) of the external grounding connection insulation system shall be given.

E.5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of this standard is applicable with the following additions:

The following data shall be provided:

- rated pressure for operation;
- minimum gas density (or pressure);
- design pressure for enclosure.

E.5.105 Internal fault

Refer to 5.101.4 of IEC 60298 or 5.102 of IEC 60517, where applicable.

E.5.106 Enclosures

Refer to 5.102.1, 5.102.2 and 5.102.5 of IEC 60298 or subclauses 5.103.1 and 5.103.2 of IEC 60517, where applicable, and to 5.15 of IEC 60694.

E.5.107 Pressure relief

Refer to 5.104 of IEC 60298 or 5.105 of IEC 60517, where applicable.

E.6 Type tests

Clause 6 of this standard is applicable with the following additions:

E.6.1 General

Disconnectors and earthing switches forming part of the main circuit of gas-insulated or metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated characteristics according to this annex, under the proper conditions of installation and use, i.e. 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 etc.

NOTE In determining which associated components are likely to influence the performance, special attention should be given to the mechanical forces due to the short-circuit current, venting of arc products, the possibility of disruptive discharges, etc. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

E.6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of this standard is applicable with the following additions:

NOTE (O) = optional.

- test to prove the bus-charging current switching by disconnectors (E.6.108) (O);
- pressure withstand test for enclosures (E.6.109) (O);
- test under conditions of arcing due to an internal fault (E.6.110) (O).

E.6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 60694 is applicable.

No partial discharge tests are required to be performed on the complete disconnector or earthing switch unless they are specified in 6.1.9 of both IEC 60298 and IEC 60517 (GIS). However, in the case of disconnectors or earthing switches using components for which a relevant IEC publication exists, including partial discharge measurements (for example bushings for alternating voltages above 1 000 V: IEC 60137), evidence shall be produced by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as required by the relevant IEC publication. 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 may 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.

E.6.6.1.101 General test conditions for short-circuit tests

Subclauses 6.6.1 of IEC 60694 and 6.6.1.101 of this standard are applicable.

E.6.102.3 Mechanical endurance test

Disconnectors and earthing switches fitted with interlocks shall be submitted to five operating cycles (unless otherwise required in the relevant standard) in order to check the operation of the associated interlocks. Before each operation the interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching device. During these tests only normal

operating forces shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices or interlocks.

The tests are considered satisfactory if the switching devices and the interlocks 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 interlocks are considered satisfactory if the switching device cannot be operated.

E.6.104 Operation at temperature limits

To verify the satisfactory operation at the temperature limits, a tightness test according to 6.8 of IEC 60694 shall be performed.

E.6.108 Test to prove the bus-charging current switching by disconnectors

The details of the test requirements are given in annex F.

E.6.109 Pressure withstand test for enclosures

Subclause 6.104 of IEC 60298 or IEC 60517 is applicable.

E.6.110 Test under conditions of arcing due to an internal fault

Subclause 6.108 of IEC 60298 or 6.106 of IEC 60517 is applicable.

E.7 Routine tests

Clause 7 is applicable with the following additions.

E.7.1 Dielectric test on the main circuit

Add the following:

NOTE In the case of sealed components the dielectric test is performed at the rated filling pressure.

E.7.101 Mechanical operating tests

Subclause 7.101 of this standard is applicable with the following addition:

Disconnectors and earthing switches with interlocks shall be submitted to five operating cycles in order to check the operation of the associated interlocks. Before each operation, one attempt shall be made to operate each switching device as specified in 6.102.3.2 and E.6.102.3, respectively.

During these tests, which are performed without voltage on or current flowing in the main circuit, it shall be verified in particular that the switching device opens and closes correctly within the specified limits of the supply voltage and pressure of the operating device.

E.7.102 Partial discharge measurement

Subclause 7.101 of IEC 60298 or IEC 60517 are applicable.

NOTE 1 The measurement of partial discharges may be used to detect possible loose material and manufacturing defects.

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.

E.7.103 Pressure withstand test for enclosures

Subclause 7.103 of IEC 60298 or 7.102 of IEC 60517 are applicable.

E.8 Guide to the selection of disconnectors and earthing switches

Clause 8 of this standard is applicable.

E.9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of this standard, of IEC 60298 or of IEC 60517 is applicable with the addition of the following information:

E.9.102.2 rated values and characteristics:

n) bus-charging current capability

E.10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 60298 or of IEC 60517 is applicable, with the addition of the following sentence in 10.3 of those standards:

For maintenance purposes the disconnector in gas insulated switchgear shall be considered to have its full isolating properties only if the SF₆ pressure is not lower than its minimum functional pressure (density).

Annex F (normative)

Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages 72,5 kV and above – Requirements for switching of bus-charging currents by disconnectors

F.1 General

It has been found that, particularly at 420 kV and higher system voltage levels, disruptive discharges to earth might occur when switching small capacitive currents with gas-insulated metal-enclosed switchgear disconnectors, such as energizing or de-energizing unloaded sections of busbar duct or parallel capacitors of circuit-breakers. Worldwide investigation has clarified the reasons for this over recent years and given insight into the complexity of very fast transient overvoltage phenomena that occur as an inherent part of capacitive switching with disconnectors in gas-insulated metal-enclosed switchgear. It was concluded that correct design of the disconnector is essential to avoid disruptive discharges to earth.

F.1.1 Overview

This annex applies to alternating current gas-insulated metal-enclosed disconnectors for rated voltages of 72,5 kV and above.

This annex provides test requirements for gas-insulated metal-enclosed disconnectors used to switch small capacitive currents (no load currents) such as occur when sections of busbars or grading capacitors are energized or de-energized.

NOTE Simultaneous switching of several disconnectors in the same circuit is not advisable and thus not considered in this standard.

F.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

F.3 Definitions

For the purpose of this annex, the following definitions apply.

F.3.7.133 bus-charging current

current expressed as steady-state r.m.s. value which a disconnector is capable to switch when energizing or de-energizing parts of a busbar system or similar capacitive loads

F.3.7.134 transient voltage to earth (TVE)

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

F.6 Type tests

Tests for disconnectors of rated voltages below 300 kV are generally not necessary and are subject to agreement between manufacturer and user.

NOTE For rated voltages below 300 kV, the ratios between the specified lightning impulse withstand levels (LIWL) and rated voltages are sufficiently high in most cases for tests not to be necessary.

F.6.1 Test duties for making and breaking of bus-charging currents

Three test duties are defined:

- *Test duty 1:* switching of a very short section of busbar duct;
- *Test duty 2:* switching of parallel capacitors for circuit-breakers under 180° out-of-phase condition;
- *Test duty 3:* current-switching capability test.

NOTE 1 Test duty 1 is a normal type test and is mandatory.

NOTE 2 Test duty 2 is a special type test to be carried out according to this specification by agreement between manufacturer and user, but it is not necessary if the circuit-breaker is not equipped with parallel capacitors.

NOTE 3 Test duty 3 is a special type test to be carried out according to this specification by agreement between manufacturer and user. It serves only to indicate the current interruption capability of the disconnector when de-energizing long busbars or other energized parts, for example short length of cables, etc.

Typical current values are given in table F.2.

F.6.2 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 pressure.

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.

Tests shall be performed at the minimum gas density for normal operation of the disconnector under test. Associated compartments shall be at their minimum gas density as well.

In most cases the physical arrangement of the disconnector involves asymmetries (for example asymmetrical shields, or moving contact/fixed contact differences, etc.). For these cases, the arrangement of the disconnector shall be such as to perform the test under the most onerous conditions. For test duty 1, the most onerous 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 physical arrangement of the disconnector is considered to be of minor importance.

NOTE It is common practice that the same design of disconnector is installed in both horizontal and vertical positions. In this case, variations of the contact speed are possible. However, deviations of up to 15 % from the specified speed are considered to be acceptable for these tests.

Only single-pole 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, three-phase tests are desirable. However, single-phase tests, as specified, can be accepted to demonstrate the making and breaking performance. The two remaining poles not involved in the switching process should be grounded at both terminals.

F.6.3 Test frequency

Disconnectors are preferably tested at rated power frequency. For convenience of testing, however, tests may be performed at either 50 Hz or 60 Hz and are considered to be equivalent.

F.6.4 Test voltages for making and breaking tests

During making and breaking tests the power frequency voltage shall be maintained for at least 0,3 s before and after the switching operation. In the case of a d.c. pre-charge voltage at the load side (test duty 1), the d.c. 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 F.1, F.3 and F.4, the test voltages at source side and load side of the test arrangement shall be applied as given in table F.1.

The test voltages in table F.1 are valid for the open disconnector. 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 a.c. voltage tests.

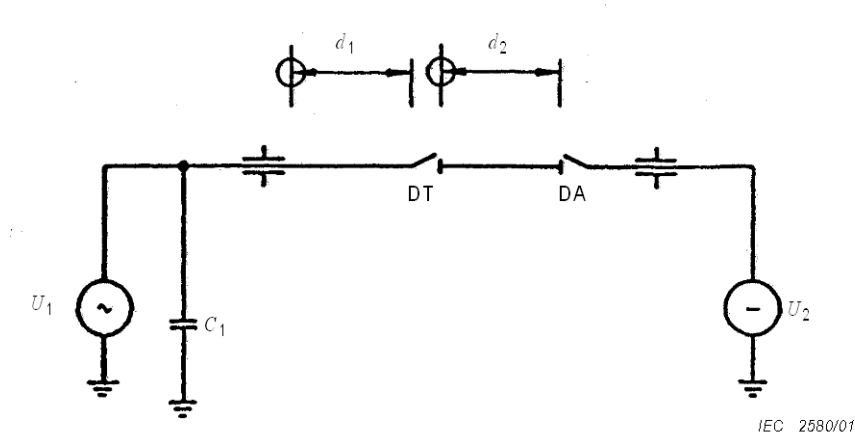
NOTE The above-mentioned voltage increase will enhance the test conditions. It should not be more than 10 %.

Table F.1 – 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 d.c. 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
3	$U_r / \sqrt{3}$	–

NOTE 1 U_r is the rated voltage.

NOTE 2 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 F.3. As test duty 3 should only indicate the switching capability of the disconnector, this enhancement of the test voltage is not necessary.



Key

DT Disconnector under test

DA Auxiliary disconnector

Figure F.1 – Test circuit for test duty 1

F.6.5 Test circuits for making and breaking tests

F.6.5.1 Switching of a very short section of busbar duct, test duty 1

Figure F.1 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 F.6.5.1.1.

Before starting a closing operation, the load side shall be charged by d.c. voltage according to table 1, and the d.c. voltage source disconnected by the auxiliary disconnector, DA.

NOTE 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).

F.6.5.1.1 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 F.6.5.1. The circuit response for the fast transient phenomena shall be verified at least once for the test arrangement by direct measurement (see F.6.10) under the following conditions:

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

For these conditions, the 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 peak shall be less than 500 ns, (figure F.2).

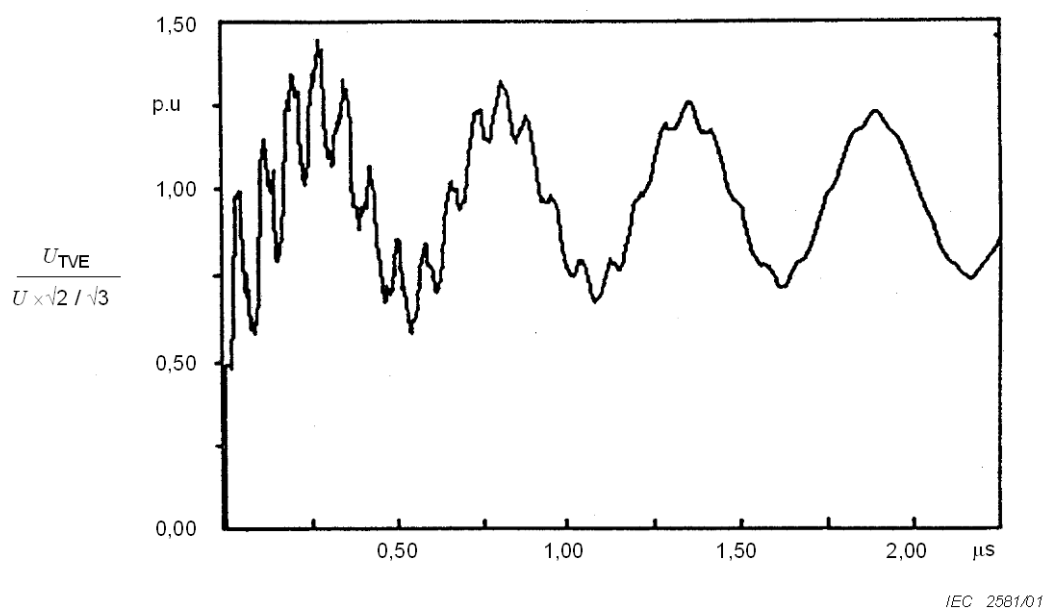


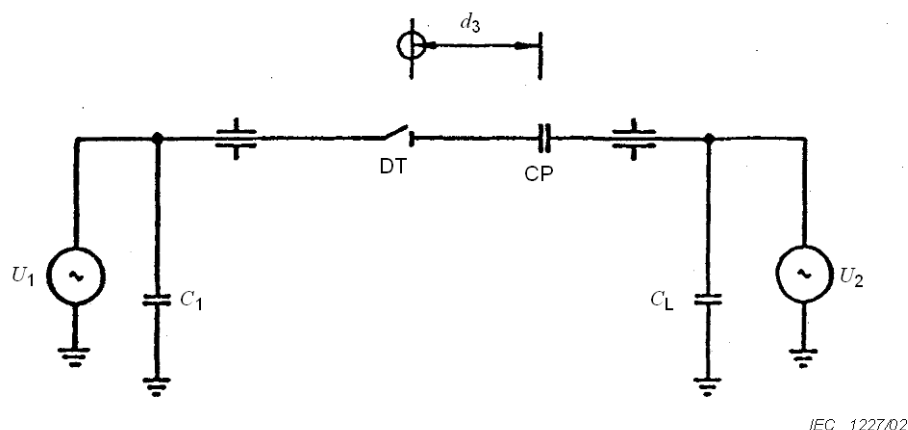
Figure F.2 – Typical voltage waveform (Including VFT and FT components)

F.6.5.2 Out-of-phase switching, test duty 2

Figure F.3 shows the test circuit for out-of-phase switching. The parallel capacitance C_P of a circuit-breaker may be represented by the actual circuit-breaker or by an adequate capacitance of equal or higher value than the capacitance used in service.

The shortest possible connection d_3 between capacitor (circuit-breaker) and disconnector shall be established. The lengths of the other test circuit parts are not specified, but preferably they should be realised as short as possible using standard components.

The lumped capacitance C_L (figure F.3) 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.



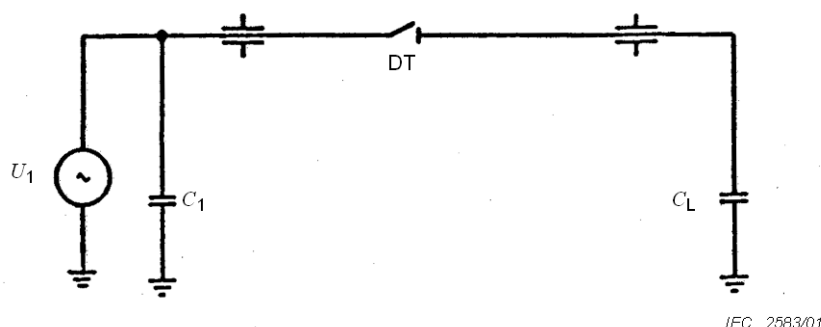
Key

- DT Disconnector under test
- CP Circuit-breaker parallel capacitor or equivalent capacitor

Figure F.3 – Test circuit for test duty 2

F.6.5.3 Current switching capability test, test duty 3

The test circuit shown in figure F.4 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 specified bus-charging current as given in table F.2 with a tolerance of $\pm 10\%$.



Key

DT Disconnecter under test

NOTE 1 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.

NOTE 2 Further testing conditions which affect the transient recovery conditions are subject to agreement between manufacturer and user.

Figure F.4 – Test circuit for test duty 3

Table F.2 – Specified bus-charging currents

Rated voltage U_r kV r.m.s.	72,5	100	123	145	170	245	300	362	420	550	800	1 100	1 200
Bus-charging current A r.m.s.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8

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

F.6.6 Performance of making and breaking tests

During each test duty, the test series shall be performed without reconditioning the disconnecter. The specified number of tests is given in table F.3.

Table F.3 – Specified number of tests

Test duty	Number of make and break operations	
	Standard disconnecter	Fast-acting disconnecter ^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 onerous disconnecter arrangement cannot be determined clearly (with reference to F.6.2), test duty 1 shall be repeated with reversed disconnecter terminals.

^c Reduction of the number of tests down to 50 is acceptable if the test voltage is enhanced (to cover statistical effects) to the following values:

- source side: $U_r \times 12/\sqrt{3}$;
- load side: (d.c. pre-charge): $- U_r \times 1,2 \sqrt{2}/\sqrt{3}$.

F.6.7 Behaviour of the disconnector during making and breaking tests

The disconnector shall perform successfully without mechanical or electrical distress.

Disruptive discharges from phase to earth or, in case of three poles in one enclosure, from phase to phase are not permitted.

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

F.6.8 Condition after test

The mechanical functions of the disconnector shall be essentially in the same condition as before the test. Evidence of erosion due to arcing and decomposition deposits on insulator surfaces are acceptable, provided the insulating properties of the disconnector are not impaired in the open and closed positions.

After test duty 1 and test duty 2, no specific action is necessary for verification of this requirement.

NOTE Concerning test duty 3, appropriate verification procedures are under consideration.

F.6.9 Type test reports

The results of all type tests shall be recorded in type test reports containing sufficient data to prove compliance with this standard. Sufficient information should be included so that the essential parts of the disconnector tested can be identified.

Additionally the 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) representative record of contact movement;
- g) 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.

F.6.10 Requirements for measurements

In general, specialized measurements are required during test duty 1 and test duty 2:

- measurements of the transient voltage to earth U_{TVE} ;
- measurements are required in the case of test duty 1 to ensure that the load side voltage (U_2) meets the specified requirement up to the initiation of the closing operation.

Requirements for the measurements:

- TVE verification shall be carried out at least once for each test circuit used. Configurational changes such as different connecting lead length, equipment orientation, etc., are considered as changes to the test circuit and will require additional measurements;
- TVE measurements shall be made within 1 m of the arcing contacts of the disconnect. If this is not possible, 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 that possible stray power frequency interference is taken into account;
- TVE measurement shall be made with sufficient bandwidth to record properly the VFT component.

NOTE VFT measurement is under consideration.

Annex G **(normative)**

Alternative test methods for short-circuit current making tests

G.1 General

In this annex 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.

G.2 Alternative methods

G.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 may be applied.

The test circuit and specific requirements shall fulfil the requirement a) of 6.101.5.

G.2.2 Test methods with reduced voltage

To obtain comparable results between tests with rated voltage and alternative test 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.

G.2.2.1 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 6.101.2. 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 a.c. 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 G.2.2.2).

As an alternative, d.c. voltage may be used. The d.c. voltage shall correspond to the peak value of the test voltage. The pre-arcing time may 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 Care should be taken to use an appropriate method for measurement of the pre-arcing times, for example by the use of a travel transducer or an equivalent device. 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 shall be used to compensate time spread between poles.

G.2.2.2 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 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 G.2.2.1).

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 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 may 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 can not be verified, since the transient pressure may 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 all three phases.

NOTE 3 Some extra tests may be necessary to estimate the length of the fuse wire.

Annex H (normative)

Specific requirements for resistor fitted disconnecter in metal-enclosed gas insulated switchgear

H.1 General

H.1.1 Scope

This annex is applicable to resistor fitted disconnectors in metal-enclosed gas insulated switchgear (GIS). The maximum VFTO (very fast transient overvoltage) in GIS systems with a rated voltage of 800 kV and above may reach the insulation level of lightning impulse withstand voltage in certain cases during switching of disconnectors. The purpose of fitting a resistor is to mitigate the VFTO in such cases.

Three different types of resistor fitted disconnectors are given as examples in Figure H.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.

NOTE Typically resistors of values 200 Ω to 1 000 Ω are used. The overvoltage damping factor depends on the ratio of the resistance of the resistor and the system impedance.

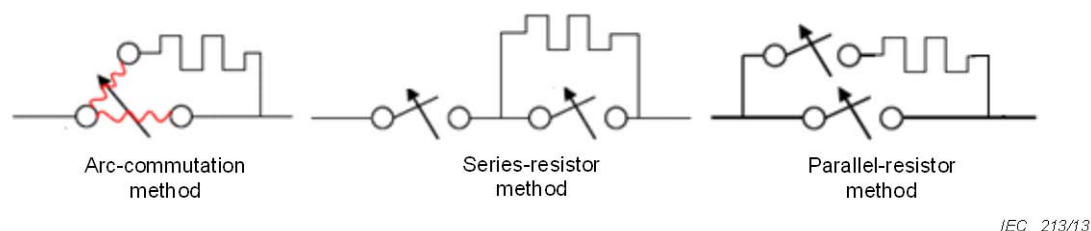


Figure H.1 – Examples of resistor fitted disconnectors

H.1.2 Normative references

Subclause 1.2 of this standard is applicable.

H.2 Normal and special service conditions

Clause 2 of this standard is applicable.

H.3 Definitions

Clause 3 of this standard is applicable with the following modification:

Additional term and definition:

3.4.106

resistor fitted disconnector

disconnector fitted with resistor in series or in parallel to the switching contacts in order to mitigate the VFTO during both opening and closing operation in metal-enclosed gas-insulated switchgear

H.4 Ratings

Clause 4 of this standard is applicable.

H.5 Design and construction

Clause 5 of this standard is applicable with the following modification.

H.5.10 Nameplates

Addition:

The value of resistor, in Ohms, shall be given.

H.6 Type tests

Clause 6 of this standard is applicable with the following modifications.

Addition:

All type tests shall be carried out on the disconnector with the resistor fitted in the normal position.

A measurement of ohmic value of the resistor shall be made before and after the following type tests in order to ensure that the resistor integrity is still maintained:

- mechanical endurance test;
- bus-charging switching test;
- bus-transfer current switching 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 may be necessary to disassemble the disconnector for the visual inspection.

The thermal capability of the resistor is verified during the bus-charging and/or the bus-transfer current switching tests depending on the design of the disconnector. No additional tests are considered necessary for verifying the thermal capability of the resistor.

NOTE Depending on the design a cooling period may be necessary between operations of bus-transfer and of bus-charging tests. This is specified by the manufacturer.

H.6.102 Operating and mechanical endurance tests

Addition:

After the mechanical endurance tests the condition check of the disconnector shall be made as given in 6.102.3.2. This shall include a visual inspection of all parts of the disconnector. 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.

H.6.106 Bus-transfer current switching tests

Addition:

After the bus-transfer current switching tests the disconnecter shall fulfill the requirements of B.6.106.9. 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.

H.6.108 Bus-charging switching tests

Addition:

Before the tests the resistor shall be short-circuited or replaced by a solid conductor in order to verify the test circuit condition described in F.6.5.1.1. This test may be done at a reduced voltage in order to avoid damage to the tested disconnecter.

During the tests no disruptive discharge shall occur between phase and earth and also across the resistor. Disruptive discharges to earth or across the resistor should be detected properly during the switching operations by means of appropriate measuring or detecting devices.

Dielectric withstand capability of the resistor is verified by test duties 1 and 2 specified in F.6.1.

After the bus-charging switching tests the disconnecter shall fulfill the requirements of F.6.8. 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.

Bibliography

IEC 62271-101:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 101: Synthetic testing*

IEC 62271-305:2009, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 305: Capacitive current switching capability of air-insulated disconnectors for rated voltages above 52 kV*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	112
1 Généralités.....	116
1.1 Domaine d'application	116
1.2 Références normatives.....	116
2 Conditions normales et spéciales de service	117
3 Définitions	117
3.1 Termes généraux	117
3.2 Assemblage de l'appareillage	117
3.3 Parties de l'assemblage	117
3.4 Appareils de connexion	117
3.5 Parties d'appareils de connexion	120
3.6 Manœuvre	120
3.7 Grandeurs caractéristiques.....	121
4 Caractéristiques assignées.....	124
4.1 Tension assignée (U_r)	125
4.2 Niveau d'isolement assigné	125
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	125
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	125
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	125
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	125
4.7 Durée de court-circuit (t_k)	126
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture ainsi que des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	126
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture ainsi que des circuits auxiliaires.....	126
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolation et/ou pour la manœuvre	126
5 Conception et construction	130
5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre	130
5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre	131
5.3 Raccordement à la terre des sectionneurs et sectionneurs de terre	131
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	131
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	131
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	131
5.7 Manœuvre indépendante manuelle.....	131
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	131
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance à basse et à haute pression	131
5.10 Plaques signalétiques	131
5.11 Verrouillage.....	132
5.12 Indicateur de position	132
5.13 Degré de protection procuré par les enveloppes.....	132

5.14	Lignes de fuite.....	133
5.15	Etanchéité au gaz et au vide	133
5.16	Etanchéité aux liquides	133
5.17	Inflammabilité.....	133
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	133
6	Essais de type	136
6.1	Généralités.....	136
6.2	Essais diélectriques	137
6.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	139
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	139
6.5	Essais d'échauffement	139
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	139
6.7	Vérification de la protection	142
6.8	Essais d'étanchéité	142
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	142
7	Essais individuels de série	155
7.1	Essais diélectriques sur le circuit principal	155
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande	156
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	156
7.4	Essai d'étanchéité	156
7.5	Contrôles visuels et du modèle.....	156
8	Guide pour le choix des sectionneurs et des sectionneurs de terre.....	156
9	Renseignements à donner dans les appels d'offre, les soumissions et les commandes	160
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, le fonctionnement et la maintenance	164
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	164
10.2	Installation	164
10.3	Fonctionnement.....	164
10.4	Maintenance.....	164
11	Sécurité.....	164
11.1	Aspects électriques	164
11.2	Aspects mécaniques.....	165
11.3	Aspects thermiques.....	165
11.4	Aspects opérationnels	165
	Annexe A (normative) Conception et essais des dispositifs indicateur de position.....	176
	Annexe B (normative) Transfert de barres par les sectionneurs	181
	Annexe C (normative) Etablissement et coupure de courants induits par les sectionneurs de terre	189
	Annexe D (informative) Tension d'essai applicable à la position la plus défavorable d'un point de vue diélectrique du sectionneur de terre pendant sa manœuvre (approche temporaire)	201
	Annexe E (normative) Prescriptions spéciales pour les sectionneurs et sectionneurs de terre utilisés dans l'appareillage sous enveloppe métallique et/ou à isolation gazeuse.....	203

Annexe F (normative) Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées égales ou supérieures à 72,5 kV – Prescriptions pour l'établissement et la coupure des courants de jeux de barres à vide par les sectionneurs	208
Annexe G (normative) Autres méthodes d'essais pour les essais d'établissement de courant sur court-circuit	216
Annexe H (normative) Exigences spécifiques relatives au sectionneur équipé de résistances dans l'appareillage sous enveloppe métallique, à isolation gazeuse	218
Bibliographie.....	221
Figure 1 – Contact fixe parallèle au support.....	165
Figure 2 – Contact fixe (comme indiqué à la figure 8) perpendiculaire au support	166
Figure 3 – Disposition d'essai triphasé pour des sectionneurs et des sectionneurs de terre de tension assignées inférieures à 52 kV	166
Figure 4 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs comportant une distance de sectionnement horizontale et pour sectionneurs de terre de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV.....	168
Figure 5 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) à distance de sectionnement verticale et de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV, prévus pour être utilisés avec des conducteurs souples.....	170
Figure 6 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) à distance de sectionnement verticale et de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV, prévus pour être utilisés avec des conducteurs rigides	172
Figure 7 – Exemple d'application des efforts mécaniques assignés sur les bornes d'un sectionneur à deux colonnes.....	174
Figure 8 – Exemple d'application des efforts mécaniques assignés sur les bornes d'un sectionneur pantographe	175
Figure A.1 – Dispositif indicateur de position	180
Figure B.1 – Circuits pour les essais d'établissement et de coupure de courants de transfert de barres	188
Figure C.1 – Circuit d'essai pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électromagnétique	199
Figure C.2 – Circuits d'essai pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électrostatique	200
Figure F.1 – Circuit d'essai pour la séquence d'essai 1.....	211
Figure F.2 – Forme d'onde de tension typique (incluant les composantes VFT et FT)	212
Figure F.3 – Circuit d'essai pour la séquence d'essais 2	213
Figure F.4 – Circuit d'essai pour la séquence d'essais 3	213
Figure H.1 – Exemples de sectionneurs équipés de résistances	218
Tableau 1 – Zones de contact recommandées pour les contacts «fixes» supportés par des conducteurs souples	127
Tableau 2 – Zones de contact recommandées pour les contacts «fixes» supportés par des conducteurs rigides	127
Tableau 3 – Efforts mécaniques statiques recommandés	129
Tableau 3a – Classification des sectionneurs et sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique	130

Tableau 4 – Indications des plaques signalétiques.....	132
Tableau 5 – Tenue en tension à fréquence industrielle pendant 1 min	138
Tableau 6 – Essai de tension à fréquence industrielle.....	155
Tableau 7 – Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance électrique	130
Tableau 8 – Exigences relatives au courant établi et au temps de préarc.....	145
Tableau 9 – Essais non valables.....	147
Tableau B.1 – Tensions assignées de transfert de barres pour les sectionneurs	182
Tableau C.1 – Valeurs normalisées des courants assignés d'induction et des tensions assignées d'induction pour les sectionneurs de terre	191
Tableau C.2 – Valeurs normalisées de la tension transitoire de rétablissement pour les essais de coupure de courant d'induction électromagnétique	194
Tableau C.3 – Capacité du circuit d'essai (valeurs de C_1) pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électrostatique	196
Tableau F.1 – Tensions d'essai pour les essais d'établissement et de coupure	210
Tableau F.2 – Courants de jeu de barres à vide spécifiés	214
Tableau F.3 – Nombre spécifié d'essais.....	214

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre
à courant alternatif**

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la CEI 62271-102 comprend la première édition (2001) [documents 17A/617/FDIS et 17A/619/RVD], son amendement 1 (2011) [documents 17A/972/FDIS et 17A/978/RVD], son amendement 2 (2013) [documents 17A/1029/FDIS et 17A/1035/RVD], les corrigenda d'avril 2002, de mai 2003, de février 2005 et de Janvier 2012. Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 62271-102 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

La version bilingue (2003-08) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2001-12.

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

En cas de divergence entre la version française et la version anglaise, l'anglais fait foi.

Les annexes A, B, C, E, F, **G et H** font partie intégrante de cette norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 60694, deuxième édition, publiée en 1996, à laquelle elle fait référence et qui est applicable, sauf spécification contraire. Dans le but de simplifier les indications des spécifications correspondantes, la numérotation des paragraphes et des sous-paragraphes est identique à celle utilisée dans la CEI 60694. Les paragraphes additionnels sont numérotés à partir de 101.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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.

NUMÉROTATION COMMUNE DES PUBLICATIONS TOMBANT SOUS LA RESPONSABILITÉ DU SC 17A ET DU SC 17C

En accord avec la décision prise lors du meeting commun des SC 17A et SC 17C à Frankfurt (article 20.7 de 17A/535/RM), un système commun de numérotation a été établi pour les publications tombant sous la responsabilité du SC 17A et du SC 17C. La CEI 62271 avec le titre «*Appareillage à haute tension*» constitue la base de la publication commune.

La numérotation de ces publications suivra le principe suivant:

- a) les normes communes préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-1;
- b) les normes du SC 17A commenceront avec la CEI 62271-100;
- c) les normes du SC 17C commenceront avec la CEI 62271-200;
- d) les publications préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-300.

Le tableau ci-dessous met en évidence les nouveaux numéros par rapport aux anciens. Les parties numérotées (xxx) auront un numéro final selon la décision de les publier en tant que norme ou en tant que rapport technique.

**Numérotation commune des publications CEI 62271 tombant sous
la responsabilité du SC 17A et du SC 17C**

Série CEI 62271	APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –	Ancien numéro CEI, le cas échéant
Partie	Titre	
1	Spécifications communes	IEC 60694
2	Qualification sismique pour tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	-
100	Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension	IEC 60056
101	Essais synthétiques	IEC 60427
102	Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif	IEC 60129
103	Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV	IEC 60265-1
104	Interrupteurs pour tensions assignées égales ou supérieures à 52 kV	IEC 60265-2
105	Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif	IEC 60420
106	Contacteurs et démarreurs de moteurs à courant alternatif	IEC 60470
107	Combinés appareillage-fusibles à courant alternatif	-
108	Appareillage à fonctions combinées	-
109	Interrupteur de shuntage pour condensateurs série	-
200	Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV	IEC 60298
201	Appareillage sous enveloppe isolante de tensions assignées inférieures ou égales à 38 kV	IEC 60466
202	Postes préfabriqués haute tension/basse tension	IEC 61330
203	Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV	IEC 60517
204	Lignes de transport hautes tensions de tensions assignées supérieures ou égales à 72,5 kV	IEC 61640
(300)	Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à haute tension à courant alternatif	IEC 61166
(301)	Guide pour l'établissement et la coupure de charge inductive	IEC 61233
(302)	Guide pour la procédure d'essai d'établissement et de coupure de courants de court-circuit et de courants de charge pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre	IEC 61633
(303)	Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF ₆) dans l'appareillage à haute tension	IEC 61634
(304)	Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères	IEC 60932
(305)	Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 60859
(306)	Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 61639
(307)	Utilisation de l'électronique et des technologies associées dans les équipements auxiliaires de l'appareillage	IEC 62063
308	Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques	-
309	Paramètres des TTR pour l'appareillage à haute tension de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV	-
310	Essais d'endurance électrique pour les disjoncteurs de tension assignées égales ou supérieures à 72,5 kV	-

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 s'applique aux sectionneurs et aux sectionneurs de terre à courant alternatif, prévu pour l'intérieur ou l'extérieur dans des postes sous enveloppe ou de type ouverts, pour des tensions supérieures à 1 000 V et des fréquences de service jusques et y compris 60 Hz.

Cette norme s'applique également aux dispositifs de commande de ces sectionneurs et sectionneurs de terre et à leurs équipements auxiliaires.

Des règles complémentaires pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre intégrés dans l'appareillage sous enveloppe sont données dans la CEI 60298, la CEI 60466 et la CEI 60517.

NOTE Les sectionneurs dans lesquels un fusible fait partie intégrante, ne sont pas couverts par cette norme.

1.2 Références normatives

Le paragraphe 1.2 de la CEI 60694 s'applique avec les compléments suivants:

CEI 60137:1995, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

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

CEI 60265-2:1988, *Interrupteurs à haute tension. Deuxième partie: Interrupteurs à haute tension de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV*

CEI 60298:1990, *Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 60466:1987, *Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 38 kV*

CEI 60517:1990, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60865-1:1993, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Première partie: Définitions et méthode de calcul*

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

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

ISO 2768-1:1989, *Tolérances générales – Partie 1: Tolérances pour les dimensions linéaires et angulaires sans indication de tolérances individuelles*

2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de la CEI 60694 est applicable.

3 Définitions

L'article 3 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

Ce article comprend les définitions nécessaires dont la plupart sont extraites de la CEI 60050 (151), de la CEI 60050 (441) et de la CEI 60050(604).

3.1 Termes généraux

3.1.101

appareillage pour l'intérieur

[VEI 441-11-04]

3.1.102

appareillage pour l'extérieur

[VEI 441-11-05]

3.1.103

échauffement (d'une partie d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre)

différence entre la température de cette partie et la température de l'air ambiant

3.1.104

utilisateur

personne ou entité légale utilisant des sectionneurs ou des sectionneurs de terre

NOTE Il peut être l'acheteur (par exemple un distributeur d'électricité), mais peut également être une 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 la sous-station ou seulement de la manœuvre de l'appareillage.

3.2 Assemblage de l'appareillage

Aucunes définitions particulières.

3.3 Parties de l'assemblage

Aucunes définitions particulières.

3.4 Appareils de connexion

3.4.101

sectionneur

La définition 441-14-05 du VEI est applicable avec les notes complémentaires suivantes:

~~NOTE 1 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, les courants des impédances de répartition des disjoncteurs connectés en permanence et les courants des transformateurs et des diviseurs de tension. Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 420 kV, une intensité n'excédant pas 0,5 A est considérée comme une intensité négligeable pour l'application de cette définition; pour les tensions assignées supérieures à 420 kV et les intensités supérieures à 0,5 A, il convient de consulter le constructeur.~~

~~L'expression «pas de changement notable de la tension» vise les applications comme le pontage des régulateurs de tension inductifs ou des disjoncteurs.~~

~~NOTE 2 Pour un sectionneur de tension assignée de 52 kV et au-dessus, un pouvoir de coupure assigné de courant de transfert de barres peut être fixé.~~

~~NOTE 1 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 la CEI 62271-305). Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 420 kV, une intensité n'excédant pas 0,5 A est considérée comme une intensité négligeable pour l'application de cette définition; pour les tensions assignées supérieures à 420 kV et les intensités supérieures à 0,5 A, il convient de consulter le fabricant. L'expression "pas de changement notable de la tension" vise les applications comme le pontage des régulateurs de tension inductifs ou des disjoncteurs et le transfert de barres.~~

~~NOTE 2 Pour un sectionneur de tension assignée de 52 kV et supérieure, un pouvoir de coupure assigné de courant de transfert de barres peut être fixé.~~

3.4.101.1

sectionneur de classe M0

sectionneur ayant une endurance mécanique de 1 000 cycles de manœuvre, qui convient pour une utilisation dans des systèmes de transport et de distribution répondant aux exigences générales de cette norme

3.4.101.2

sectionneur de classe M1

sectionneur ayant une endurance mécanique étendue de 2 000 cycles de manœuvre

Il est principalement utilisé pour des applications dans lesquelles le sectionneur manœuvre conjointement avec un disjoncteur de même classe

3.4.101.3

sectionneur de classe M2

sectionneur ayant une endurance mécanique étendue de 10 000 cycles de manœuvre

Il est principalement utilisé pour des applications dans lesquelles le sectionneur manœuvre conjointement avec un disjoncteur de même classe

3.4.102

sectionneur (sectionneur de terre) à éléments séparés

[VEI 441-14-06(07)]

NOTE Des exemples sont les sectionneurs pantographes ou semi-pantographes.

3.4.103

sectionneur à coupure centrale

[VEI 441-14-08]

3.4.104

sectionneur à double coupure

[VEI 441-14-09]

3.4.105

sectionneur de terre

La définition VEI 441-14-11 ~~s'applique avec les compléments suivants~~ est applicable avec les notes complémentaires suivantes:

~~NOTE Un sectionneur de terre de tension assignée 52 kV et au-dessus peut avoir des caractéristiques assignées pour établir, couper ou transiter les courants induits.~~

~~Les classes E1, E2 et E3 de la CEI 60265-1 sont basées sur l'endurance électrique des interrupteurs et des interrupteurs sectionneurs. Ces appareils peuvent être quelquefois manœuvrés sur un court-circuit comme une séquence de fonctionnement normale et l'endurance électrique peut être la garantie de «faible maintenance».~~

NOTE 101 Un sectionneur de terre de tension assignée supérieure ou égale à 52 kV peut avoir des caractéristiques assignées pour établir, couper et transiter les courants induits.

NOTE 102 Ces appareils peuvent être quelquefois manœuvrés sur un court-circuit. Les différentes classes de sectionneurs de terre sont liées au nombre de manœuvres de fermeture sur court-circuit.

NOTE 103 Pour des applications spéciales telles que les sectionneurs de terre générateurs de défaut, les procédures d'essai et le nombre d'essais peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

3.4.105.1

sectionneur de terre de classe E0

sectionneur de terre qui convient pour une utilisation dans des systèmes de transport et de distribution correspondant aux exigences générales de cette norme, **sans pouvoir de fermeture sur court-circuit**

3.4.105.2

sectionneur de terre de classe E1

~~sectionneur de terre de classe E0 avec un pouvoir de fermeture sur court-circuit~~ sectionneur de terre qui convient pour une utilisation dans des systèmes de transport et de distribution correspondant aux exigences générales de cette norme, avec le pouvoir de tenir deux manœuvres de fermeture sur court circuit

NOTE Cette classe de sectionneurs est capable de tenir deux manœuvres de fermeture au pouvoir de fermeture assigné.

3.4.105.3

sectionneur de terre de classe E2 (pour les sectionneurs de terre de tension inférieure ou égale à 52 kV)

~~sectionneur de terre de classe E1 ne demandant qu'une maintenance minimale, tout en étant capable d'un nombre accru de manœuvres de fermeture sur court-circuit, pour une utilisation dans des systèmes jusqu'à 52 kV inclus~~

~~NOTE Cette classe de sectionneur de terre démontre ses exigences de maintenance réduite en satisfaisant à cinq manœuvres d'établissement au pouvoir de fermeture assigné, mais ne demande aussi qu'une maintenance minimale comme la lubrification (remplissage de gaz et nettoyage des surfaces externes lorsque cela s'applique).~~

sectionneur de terre qui convient pour une utilisation dans des systèmes de transport et de distribution correspondant aux exigences générales de cette norme, avec le pouvoir de tenir cinq manœuvres de fermeture sur court circuit

NOTE L'augmentation du nombre de manœuvres de fermeture pour la Classe E2 se limite aux tensions inférieures ou égales à 52 kV qui dépendent uniquement des conditions de fonctionnement et des systèmes de protections typiques de tels réseaux.

3.4.105.4

sectionneur de terre de classe M0 (pour les sectionneurs de terre)

sectionneur de terre qui convient pour une utilisation dans des systèmes de transport et de distribution répondant aux exigences générales de cette norme, avec le pouvoir de tenir 1 000 cycles de fonctionnement

3.4.105.5

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 de charge;
- établissement et/ou coupure des courants jusqu'au courant de court-circuit assigné

3.4.105.6

point de bascule

point au-delà duquel tout mouvement additionnel du mécanisme de charge provoque la libération de l'énergie stockée.

3.5 Parties d'appareils de connexion

3.5.101

pôle d'un appareil de connexion

[VEI 441-15-01]

3.5.102

circuit principal (d'un appareil de connexion)

[VEI 441-15-02]

3.5.103

contact (d'un appareil de connexion mécanique)

[VEI 441-15-05]

3.5.104

contact principal

[VEI 441-15-07]

3.5.105

contact de commande

[VEI 441-15-09]

3.5.106

contact à fermeture, contact «a»

[VEI 441-15-12]

3.5.107

contact à ouverture, contact «b»

[VEI 441-15-13]

3.5.108

dispositif indicateur 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

3.5.109

borne (en tant que composant)

composant fourni pour la connexion d'un appareil à des conducteurs externes

[VEI 151-01-03]

3.5.110

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

3.6 Manœuvre

3.6.101

manœuvre (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-01]

3.6.102

cycle de manœuvres (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-02]

3.6.103

manœuvre de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-08]

3.6.104

manœuvre d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-09]

3.6.105

manœuvre effectuée positivement

[VEI 441-16-12]

3.6.106

manœuvre dépendante manuelle

La définition VEI 441-16-13 est applicable avec les compléments suivants:

NOTE La manœuvre dépendante manuelle peut être effectuée par une manivelle ou un levier (horizontal ou vertical).

NOTE 101 Il convient que les sectionneurs de terre à fonctionnements manuels dépendants ne soient pas assignés pour le pouvoir de fermeture sur court-circuit.

3.6.107

manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-14]

3.6.108

manœuvre à accumulation d'énergie

[VEI 441-16-15]

3.6.109

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

[VEI 441-16-16]

3.6.110

position de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)

La définition VEI 441-16-22 est applicable avec la note complémentaire suivante:

NOTE La continuité prédéterminée signifie que les contacts sont totalement fermés pour supporter le courant assigné en service continu et le courant de court-circuit, lorsque applicable.

3.6.111

position d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-16-23]

3.6.112

dispositif de verrouillage

[VEI 441-16-49]

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 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 en service continu (d'un sectionneur)

courant que le circuit principal d'un sectionneur peut supporter indéfiniment dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement

3.7.104

courant de courte durée admissible

[VEI 441-17-17]

3.7.105

valeur de crête du courant admissible

[VEI 441-17-18]

3.7.106

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par un constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un composant, d'un dispositif ou d'un matériel

[VEI 151-04-03]

3.7.107

niveau d'isolement

tension d'essai que doit pouvoir supporter, dans des conditions spécifiées, l'isolation d'un dispositif

[VEI 151-04-14]

3.7.108

tension de tenue à fréquence industrielle pendant 1 min

valeur efficace de la tension alternative sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolement du sectionneur ou du sectionneur de terre tient dans des conditions d'essais spécifiées

(voir CEI 60060-1)

3.7.109

tension de tenue aux ondes de choc

valeur de crête de l'onde de tension de choc normalisée que l'isolement du sectionneur ou du sectionneur de terre tient dans des conditions d'essais spécifiées

(voir CEI 60060-1).

NOTE Suivant la forme d'onde, ce terme peut s'appliquer à une tension de tenue aux chocs de manœuvre ou à une tension de tenue aux chocs de foudre [VEI 604-03-29, VEI 604-03-30].

3.7.110

isolation externe

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

[VEI 604-03-02, modifié]

NOTE L'isolation externe est soit «protégée des intempéries», soit «non protégée des intempéries». Elle est conçue en vue d'applications à l'extérieur ou à l'intérieur d'abris fermés.

3.7.111

isolation interne

éléments internes, solides, liquides ou gazeux de l'isolation d'un matériel qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes

[VEI 604-03-03]

3.7.112

isolation autorégénératrice

isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive

[VEI 604-03-04]

3.7.113

isolation non autorégénératrice

isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement, après une décharge disruptive

[VEI 604-03-05]

NOTE Les définitions 3.7.112 et 3.7.113 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.

3.7.114

isolation parallèle

montage d'isolateurs avec deux éléments en parallèle dans laquelle la distance entre les deux isolateurs pourrait influencer la tenue diélectrique

NOTE 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.

3.7.115

décharge disruptive

phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

NOTE 1 Ce terme s'applique à la rupture des diélectriques solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

NOTE 2 Une décharge disruptive à travers un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que temporaire (isolation autorégénératrice).

3.7.116

distance d'isolement

[VEI 441-17-31]

3.7.117

distance d'isolement entre pôles

[VEI 441-17-32]

3.7.118

distance d'isolement à la terre

[VEI 441-17-33]

3.7.119

distance d'isolement entre contacts ouverts

La définition VEI 441-17-34 s'applique avec la note complémentaire suivante:

NOTE Lorsque l'on détermine la distance d'isolement totale, il convient de prendre en considération la somme des distances.

3.7.120

distance de sectionnement (d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion)

[VEI 441-17-35]

3.7.121

efforts mécaniques sur les bornes

effort mécanique externe agissant sur chaque borne

NOTE 1 L'effort externe est la résultante des forces mécaniques combinées auxquelles le sectionneur ou le sectionneur de terre peut être soumis. Les efforts dus au vent sur l'appareil lui-même ne sont pas compris, car ils ne contribuent pas à l'effort externe

NOTE 2 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 Les efforts mécaniques sur les bornes tels qu'ils sont définis ici ne s'appliquent pas normalement aux appareillages sous enveloppe.

3.7.121.1

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 flexible ou rigide connecté à cette borne

3.7.121.2

effort mécanique dynamique assigné sur les bornes

combinaison des efforts mécaniques statiques sur chaque borne avec les efforts électromagnétiques en régime de court-circuit

3.7.122

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 à une autre

3.7.123

coupure de courant induit

coupure ou établissement, par un sectionneur de terre, de courants capacitifs ou inductifs qui sont induits dans un système isolé ou à la terre par un système à haute tension parallèle

NOTE Quand deux lignes de transport ou plus sont montées ensemble sur des pylônes ou lorsque deux lignes ou plus, montées sur des pylônes différents sont situées à proximité l'une de l'autre, de l'énergie sera induite par couplage électrostatique et 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.

4 Caractéristiques assignées

L'article 4 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants à la liste des caractéristiques:

- k) pouvoir de fermeture assigné en court-circuit (seulement pour les sectionneurs de terre);
- l) zone de contact assignée (seulement pour les sectionneurs à éléments séparés);
- m) efforts mécaniques assignés sur les bornes;

et pour les tensions supérieures ou égales à 52 kV:

- n) valeurs assignées du pouvoir d'établissement-coupure de courant de transfert de barres des sectionneurs;
- o) valeurs assignées du pouvoir d'établissement-coupure de courant induit des sectionneurs de terre.

4.1 Tension assignée (U_T)

Le paragraphe 4.1 de la CEI 60694 est applicable.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

Pour les sectionneurs ayant une distance de sectionnement parallèle à la base du sectionneur, équipés de sectionneurs de terre associés, les exigences de sécurité sont remplies pendant la phase d'approche du couteau vers les parties actives opposées, si la tension de tenue pendant une minute à la fréquence industrielle de l'intervalle de sectionnement le plus petit n'est pas inférieure à la valeur spécifiée en 6.2.5.

NOTE 1 La réduction temporaire de la tenue diélectrique n'est pas un problème général des exigences de sécurité, sauf pendant la courte période de manœuvre d'un sectionneur de terre à commande uniquement manuelle. Pour cette raison, et parce qu'aucun vieillissement n'est pris en considération, la tenue diélectrique réduite est acceptable. Un essai de tension de tenue aux ondes de choc n'est pas exigé du fait de la très faible probabilité d'apparition d'un choc de foudre ou de manœuvre pendant la procédure de mise à la terre.

NOTE 2 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.

NOTE 3 Si la distance minimale d'isolement temporaire est plus importante que les distances d'isolement données dans la CEI 60071-2, aucun essai n'est exigé.

4.3 Fréquence assignée (f_T)

Le paragraphe 4.3 de la CEI 60694 est applicable.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

Le paragraphe 4.4 de la CEI 60694 est applicable. Ce paragraphe ne s'applique généralement qu'aux sectionneurs.

NOTE Il convient de tenir compte de l'effet de peau qui dépend de la forme, de la construction et du matériau du circuit principal d'un sectionneur fonctionnant à 60 Hz. Avec des conducteurs de forme rectangulaires, il a en effet été constaté des écarts de plus de 5 % par rapport au 50 Hz.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 4.5 de la CEI ~~60694~~ 62271-1 est applicable avec ~~les compléments~~ l'ajout suivant:

~~Si un sectionneur de terre est combiné avec un sectionneur pour former un seul appareil, le courant de courte durée admissible assigné du sectionneur de terre doit être, sauf spécification contraire, au moins égal à celui du sectionneur.~~

Sauf spécification contraire, le courant assigné de courte durée admissible d'un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée doit être égal au courant assigné de courte durée admissible du sectionneur de terre à fonction combinée.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de la CEI ~~60694~~ 62271-1 est applicable avec ~~le complément~~ l'ajout suivant:

~~Si un sectionneur de terre est combiné avec un sectionneur pour former un seul appareil, la valeur de crête du courant admissible assigné du sectionneur de terre doit être, sauf spécification contraire, au moins égale à celle assignée du sectionneur.~~

Sauf spécification contraire, la valeur de crête du courant assigné admissible d'un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée doit être égale à la valeur de crête du courant assigné admissible du sectionneur de terre à fonction combinée.

4.7 Durée de court-circuit (t_k)

Le paragraphe 4.7 de la CEI 60694 est applicable.

Si un sectionneur de terre est combiné avec un sectionneur pour former un seul appareil, la durée de court-circuit assignée du sectionneur de terre doit être, sauf spécification contraire, au moins égale à celle assignée du sectionneur.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture ainsi que des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 4.8 de la CEI 60694 est applicable.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture ainsi que des circuits auxiliaires

Le paragraphe 4.9 de la CEI 60694 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolation et/ou pour la manœuvre

Le paragraphe 4.10 de la CEI 60694 est applicable.

4.101 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Les sectionneurs de terre auxquels un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit a été spécifié doivent être capables d'établir à toute tension appliquée, inférieure ou égale à celle qui correspond à leur tension assignée, à tout courant inférieur ou égal à leur pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

Si un sectionneur de terre a un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, celui-ci doit être égal à la valeur de crête du courant admissible assigné.

~~Sauf spécification contraire, le courant établi assigné en court-circuit d'un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée doit être égal à la valeur de crête du courant établi assigné du sectionneur de terre à fonction combinée.~~

4.102 Zone de contact assignée

Le constructeur doit indiquer les valeurs assignées de la zone de contact (représentées par x_r , y_r et z_r). Les valeurs des tableaux 1 et 2 sont données à titre indicatif. Les valeurs assignées doivent être recueillies auprès du constructeur. Cela s'applique également pour un déplacement angulaire tolérable du contact fixe.

Pour un bon fonctionnement du sectionneur ou du sectionneur de terre, l'utilisateur doit s'assurer que le contact fixe demeure dans ces limites. Pour cela, il doit tenir compte des conditions normales de service lorsqu'il spécifie la conception du poste et la résistance en porte à faux des isolateurs (voir 8.102.3).

Tableau 1 – Zones de contact recommandées pour les contacts «fixes» supportés par des conducteurs souples

Tension assignée (U_r) kV	x mm	y mm	z1 mm	z2 mm
72,5 – 100	100	300	200	300
123 – 145	100	350	200	300
170	200	400	200	300
245	200	500	250	450
300	200	500	250	450
362	200	500	300	450
420	200	500	300	500
550	200	600	400	500
800	250	650	450	550
1 100	300	700	500	600
1 200	300	700	500	600

x = amplitude totale du mouvement longitudinal du conducteur support (température).

y = déplacement horizontal total (perpendiculaire au conducteur support) (vent).

z = déplacement vertical (température et glace).

NOTE z1 sont des valeurs pour les portées courtes, z2 sont des valeurs pour les portées longues des conducteurs souples sur lesquels les contacts fixes sont montés.

Tableau 2 – Zones de contact recommandées 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	250	250	250
1 200	250	250	250

x = amplitude totale du mouvement longitudinal du conducteur support (température).

y = déplacement horizontal total (perpendiculaire au conducteur support) (vent).

z = déplacement vertical (glace).

4.103 Efforts mécaniques assignés sur les bornes

Les efforts mécaniques assignés sur les bornes doivent être indiqués par le constructeur.

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent être capables d'ouvrir et de fermer lorsqu'ils sont soumis à leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leurs bornes.

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, est l'effort mécanique statique assigné sur les bornes de ce sectionneur.

Des efforts mécaniques statiques assignés recommandés sont donnés dans le tableau 3. Ces valeurs sont destinées à servir de guide.

L'effort mécanique dynamique externe maximal auquel une borne d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre est susceptible d'être soumise, est l'effort mécanique dynamique assigné de ce sectionneur.

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent être capables de supporter leurs efforts mécaniques dynamiques assignés en court-circuit.

Les valeurs assignées pour les efforts sur les bornes d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre dépendent non seulement de la conception mais également de la robustesse des isolateurs utilisés.

La résistance en porte à faux requise 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 3.7.122 et 8.102.3).

Tableau 3 – Efforts mécaniques statiques recommandés

Tension assignée (U_r) kV	Courant assigné en service continu A	Sectionneurs à deux et à trois colonnes		Sectionneurs à éléments séparés		Force verticale F_c^a N
		Effort longitudinal	Effort transversal	Effort longitudinal	Effort transversal	
		F_{a1} et F_{a2}	F_{b1} et F_{b2}	F_{a1} et F_{a2}	F_{b1} et F_{b2}	
		Voir figure 7		Voir figure 8		
		N	N	N	N	
52 – 72,5	800 – 1250	400	130	800	200	500
100 – 123 -145	1 250	500	170	800	200	1 000
170	1 250	600	200	1 000	300	
	2 000	800	250	1 250	400	
245	800 – 1250	800	270	1 250	400	1 250
	2 000	1 000	330	1 600	500	
300 – 362	2 000	1 000	400	1 600	500	1 500
	3 150	1 500	500	1 800	600	
420	2 000	1 600	530	2 000	800	1 500
	4 000	2 000	660	4 000	1 600	
550	2 000	1 600	530	2 000	800	1 500
	4 000	2 000	660	4 000	1 600	
800	2 000	1 600	530	2 000	800	1 500
	4 000	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. Avec les conducteurs souples, le poids est inclus dans les forces longitudinales ou verticales.

^a F_c simule les forces dirigées vers le bas, dues au poids des conducteurs de connexion. Avec les conducteurs souples, le poids est inclus dans les forces longitudinales ou verticales.

4.104 Valeurs assignées du pouvoir de coupure de transfert de barres des sectionneurs

Les valeurs assignées sont données avec tous les autres détails, en annexe B.

Ce paragraphe est applicable aux sectionneurs de tension assignée 52 kV et au-dessus.

4.105 Valeurs assignées du pouvoir de coupure de courant induit des sectionneurs de terre

Les valeurs assignées sont données avec tous les autres détails, en annexe C.

Ce paragraphe est applicable aux sectionneurs de terre de tension assignée 52 kV et au-dessus.

4.106 Valeurs assignées d'endurance mécanique pour les sectionneurs et sectionneurs de terre

Un sectionneur ou un sectionneur de terre doit être capable de réaliser le nombre suivant de manœuvre en tenant compte du programme de maintenance spécifié par le constructeur.

Tableau 3a – Classification des sectionneurs et sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique

Classe	Type de sectionneur	Nombre de cycles de manœuvres
M0	Sectionneur ou sectionneur de terre classique (endurance mécanique normale)	1 000
M1	Sectionneur ou sectionneur de terre destiné à être utilisé avec un disjoncteur de classe égale (endurance mécanique accrue)	2 000
M2	Sectionneur ou sectionneur de terre destiné à être utilisé avec un disjoncteur de classe égale (endurance mécanique accrue)	10 000

4.107 Valeurs assignées d'endurance électrique pour les sectionneurs de terre

~~Les sectionneurs de terre se répartissent en trois classes d'endurance électrique:~~

- ~~— les sectionneurs de terre sans pouvoir de fermeture = classe E0;~~
- ~~— les sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture en court-circuit = classe E1 (ces sectionneurs de terre peuvent réaliser deux manœuvres de fermeture);~~
- ~~— les sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture sur court-circuit leur permettant de réaliser cinq manœuvres de fermeture = classe E2.~~

Le Tableau 7 fournit une classification des sectionneurs de terre pour l'endurance électrique.

Tableau 7 – Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance électrique

Classe	Type de sectionneur de terre
E0	Sectionneurs de terre sans pouvoir de fermeture
E1	Sectionneurs de terre avec le pouvoir de tenir deux manœuvres de fermeture sur court-circuit
E2	Sectionneurs de terre avec le pouvoir de tenir cinq manœuvres de fermeture sur court-circuit

5 Conception et construction**5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre**

Le paragraphe 5.1 de la CEI 60694 est applicable.

5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre

Le paragraphe 5.2 de la CEI 60694 est applicable.

5.3 Raccordement à la terre des sectionneurs et sectionneurs de terre

Le paragraphe 5.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

Les enveloppes métalliques et les mécanismes de manœuvre 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.

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de la CEI 60694 est applicable en se référant au 5.104 de cette norme.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants.

Cette exigence s'applique aussi aux sectionneurs et aux sectionneurs de terre à manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure ayant un courant assigné de coupure et/ou de fermeture.

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre équipés d'un dispositif de manœuvre hydraulique ou pneumatique doivent être capable de se fermer ou de s'ouvrir lorsque la pression d'alimentation est comprise entre 85 % et 110 % de la valeur assignée. Pour le fonctionnement des déclencheurs, se reporter à 5.8.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de la CEI 60694 est applicable.

5.7 Manœuvre indépendante manuelle

Le paragraphe 5.7 de la CEI 60694 est applicable.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de la CEI 60694 est applicable.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance à basse et à haute pression

Le paragraphe 5.9 de la CEI 60694 est applicable.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

- les plaques signalétiques des sectionneurs et des sectionneurs de terre (et de leurs dispositifs de manœuvre) doivent porter des indications conformes au tableau 4;
- la plaque signalétique doit être visible dans la position de service et d'installation normale.

Tableau 4 – Indications des plaques signalétiques

	Abréviation	Unité	Sectionneur	Sectionneur de terre ^b	Dispositif de manœuvre
Constructeur			x	x	x
Désignation du type			x	x	x
Numéro de série			x	x	x
Année de fabrication			x	x	x
Tension assignée	U_r	kV	x	x	
Tension assignée de tenue aux chocs de foudre	U_p	kV	x	x	
Tension assignée de tenue aux chocs de manœuvre pour les tensions assignées égales ou supérieures à 300 kV	U_s	kV	x	x	
Courant assigné en service continu	I_r	A	x		
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	kA	x	x	
Durée de court-circuit assignée	t_k	s	(x) ^a	(x) ^a	
Pression assignée de remplissage pour l'isolation et/ou la manœuvre	P_{re}	MPa	x	x	x
Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires	U_a	V			x
Effort mécanique statique assigné sur les bornes	F	N	(x)	(x)	
Classe d'endurance mécanique pour les sectionneurs	M_r		(x) ^c		
Classe d'endurance électrique pour les sectionneurs de terre	E_r			(x) ^c	
Masse (y compris le liquide)	m	kg	(x)	(x)	(x)
NOTE 1 L'indication des valeurs indiquées par x est obligatoire.					
NOTE 2 L'indication des valeurs indiquées par (x) est facultative.					
NOTE 3 Le terme «assigné» n'a pas besoin d'apparaître sur la plaque signalétique.					
^a Obligatoire si t est différent de 1 s.					
^b Un sectionneur de terre combiné à un sectionneur et formant un seul appareil, ne requiert pas de plaque signalétique séparée sauf si ce sectionneur de terre a des caractéristiques assignées en court-circuit différentes du sectionneur.					
^c L'indication de la classe est obligatoire lorsqu'elle est différente de M0 ou E0. Cela peut être inclus dans la désignation du type afin d'éviter de réserver un espace supplémentaire.					

5.11 Verrouillage

Le paragraphe 5.11 de la CEI 60694 est applicable.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de la CEI 60694 est applicable (voir aussi 5.104).

5.13 Degré de protection procuré par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants pour les coffrets des équipements secondaires.

Le degré de protection procuré par les coffrets pour les installations extérieures doit être au minimum de IP3XDW.

Pour les installations intérieures, le degré de protection ne doit pas être inférieur à IP2X.

Pour compléter les indications ci-dessus, d'une manière générale, aucune protection des personnes contre les contacts par inadvertance avec des parties dangereuses n'est exigée lorsque l'enveloppe a été ouverte (voir l'article 11 de la CEI 60694).

5.14 Lignes de fuite

Le paragraphe 5.14 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

Bien que les lignes de fuite peuvent répondre aux exigences de 5.14 de la CEI 60694, dans le cas d'isolation parallèle, la distance entre deux isolateurs parallèles doit être prise en considération.

5.15 Etanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de la CEI 60694 est applicable.

5.16 Etanchéité aux liquides

Le paragraphe 5.16 de la CEI 60694 est applicable.

5.17 Inflammabilité

Le paragraphe 5.17 de la CEI 60694 est applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de la CEI 60694 est applicable.

5.101 Prescriptions spéciales pour les sectionneurs de terre

Les connexions souples en cuivre entre les parties mobiles d'un sectionneur de terre et son châssis doivent avoir une section d'au moins 50 mm².

Cette valeur minimale de la section des connexions en cuivre est destinée à garantir la solidité mécanique et la résistance à la corrosion.

Lorsque la connexion souple est utilisée pour supporter le courant de court-circuit, elle doit être dimensionnée en conséquence. Si un autre matériau est utilisé, une section convenable équivalente doit être fournie.

5.102 Spécifications relatives à la distance de sectionnement des sectionneurs

Pour des raisons de sécurité, les sectionneurs doivent être conçus de telle sorte qu'aucun courant de fuite dangereux ne puisse s'écouler entre les bornes d'un côté et l'une quelconque des bornes de l'autre côté du sectionneur.

Cette règle de sécurité est satisfaite lorsqu'il est prévu que tout courant de fuite puisse s'écouler à la terre au moyen d'une connexion de terre sûre ou lorsque l'isolation utilisée est effectivement protégée de la pollution en service.

NOTE La distance de sectionnement d'un sectionneur est habituellement plus grande que la distance d'isolement phase-terre depuis que la CEI 60694 spécifie des niveaux d'essais de tenue de la distance de sectionnement plus élevés que ceux de l'isolation phase-terre.

Lorsqu'une ligne de fuite longue est exigée, la distance d'isolation phase-terre pourrait devenir plus grande que la distance de sectionnement. Dans de tels cas, afin de maintenir la plus faible probabilité de décharge disruptive à travers la distance de sectionnement, l'utilisation de dispositifs de protection, tels que des parafoudres ou des éclateurs peut être nécessaire.

5.103 Résistance mécanique

Lorsqu'ils sont installés suivant les instructions du constructeur, les sectionneurs ou les sectionneurs de terre ayant un effort mécanique statique assigné sur les bornes doivent pouvoir supporter les efforts mécaniques, statiques et dynamiques assignés, sans diminution de leur robustesse ni de leur capacité à transiter le courant.

5.104 Manœuvre des sectionneurs et des sectionneurs de terre – Position des contacts mobiles et de leurs dispositifs indicateurs et de signalisation

5.104.1 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.

Pour des motifs de sécurité (par exemple, lors de leur maintenance), les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent pouvoir être verrouillés aussi bien dans leur position d'ouverture que dans leur position de fermeture.

NOTE Cette dernière exigence n'est pas nécessaire pour des sectionneurs et des sectionneurs de terre qui sont manœuvrés à l'aide d'une perche.

5.104.2 Prescriptions 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.

5.104.3 Indication et signalisation de la position

L'indication et la signalisation des positions Fermé et Ouvert ne doivent pas être effectives tant que les contacts mobiles n'ont pas atteint respectivement leur position Fermé ou Ouvert et tant que les dispositions du 5.104.1 ne sont pas remplies.

NOTE Pour la définition de «Fermé» et «Ouvert» voir 3.6.110 et 3.6.111.

5.104.3.1 Indication de la position

Il doit être possible de connaître la position du sectionneur ou du sectionneur de terre. Pour la position «ouverte», cette prescription est satisfaite lorsqu'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance de sectionnement ou la distance d'isolement est visible;
- la position de chaque contact mobile assurant la distance de sectionnement ou la distance d'isolement entre les contacts est indiquée par un dispositif indicateur de position visible sûr.

NOTE Dans certains pays, la conception du sectionneur est telle que la distance de sectionnement soit visible.

La chaîne cinématique entre les contacts mobiles et l'indicateur de position doit être conçue avec une solidité mécanique suffisante pour satisfaire les exigences des essais spécifiés (annexe A). La chaîne cinématique de l'indicateur de position doit être une connexion mécanique continue afin d'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. Le dispositif de limitation de l'effort, s'il en existe un, ne doit pas être un élément de la chaîne cinématique de l'indicateur de position.

Lorsque les pôles d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre sont couplés mécaniquement afin d'être manœuvrés comme un seul appareil, l'utilisation d'un dispositif indicateur de position commun est autorisée.

5.104.3.2 Signalisation de la position électrique 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 et du sectionneur de terre ont une position conforme au 5.104.3.

Lorsque tous les pôles d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre sont couplés mécaniquement afin d'être manœuvrés comme un seul appareil, l'utilisation d'un dispositif indicateur de position commun est autorisée.

5.105 Effort maximal requis pour la manœuvre manuelle

Les valeurs ci-dessous 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, lorsque cela est applicable.

Il convient que la hauteur de manœuvre au-dessus du niveau de service normal soit définie par un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.105.1 Manœuvre nécessitant plus d'un tour

La force nécessaire pour la manœuvre d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre qui exige plus d'une révolution (manivelle, par exemple) ne doit pas dépasser 60 N avec une valeur maximale de 120 N durant, au maximum, 10 % du nombre total de tours nécessaires.

5.105.2 Manœuvre nécessitant au plus un tour

Il convient que la force nécessaire à la manœuvre d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, manœuvre pouvant aller jusqu'à un tour (levier de manœuvre, par exemple), ne dépasse pas 250 N (se référer au 5.6.3 de la CEI 60694). Une valeur crête de 450 N est acceptée pendant une rotation d'au maximum 15°.

5.106 Tolérances dimensionnelles

Pour les dimensions de montage et les dimensions des connexions haute tension, aussi bien 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 Essais de type

L'article 6 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments indiqués ci-dessous:

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants pour les essais de type obligatoires indiqués dans la CEI 60694:

Essais de type obligatoires:

- essais pour vérifier le bon fonctionnement et l'endurance mécanique (6.102) (M);

Essais de type optionnel:

- essais pour vérifier les performances de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre (6.101);
- essais pour vérifier le bon fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace (6.103);
- essais pour vérifier le bon fonctionnement aux limites de températures (6.104);
- essais pour vérifier la fonction propre des dispositifs indicateurs de position (6.105 et annexe A);
- essais pour vérifier le pouvoir de coupure de courant de transfert de barres des sectionneurs (6.106 et annexe B);
- essais pour vérifier le pouvoir de coupure de courant induit des sectionneurs de terre (6.107 et annexe C);
- essais pour vérifier la capacité de coupure de courant de transfert de barres des sectionneurs de l'appareillage sous enveloppe métallique (6.108 et annexe F).

Pour les essais obligatoires pas plus de quatre spécimens ne doivent être utilisés; pour les essais optionnels des spécimens supplémentaires sont acceptés.

6.1.2 Information pour l'identification des spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essai de type

Se référer à 6.1.3 de la CEI 60694 avec le complément suivant (si cela est applicable).

Les détails suivants, concernant les isolateurs utilisés durant les essais de type, sont particulièrement importants et doivent être indiqués dans les rapports d'essai:

- résistance assignée en porte-à-faux;
- résistance assignée en torsion des isolateurs-support (et isolateurs de manœuvre, si cela est applicable);
- hauteur et nombre d'éléments;
- ligne de fuite et profil des ailettes.

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. La distance minimale de l'espace et la hauteur au-dessus du sol utilisée pour les essais doit être fixée (voir 6.2.3). De même la distance de la partie d'isolation la plus basse par rapport au sol doit être donnée.

Dans le cas d'essais de court-circuit, les informations suivantes doivent être incluses:

- les détails mécaniques et électriques des connexions de l'appareillage essayé, les autres parties du circuit d'essai comprenant des efforts statiques sur les bornes et les dimensions du conducteur;
- l'information sur les dispositions du montage utilisé;
- les détails du montage du contact fixe sur le conducteur supérieur des sectionneurs à éléments séparés;
- la disposition de la commande mécanique du sectionneur ou du sectionneur de terre ayant un mécanisme unique pour trois phases;
- la résistance de contact avant et après l'essai de court-circuit;
- si l'accès est possible, la force de contact avant et après l'essai.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.1 Condition de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.2 Modalité des essais sous pluie

Le paragraphe 6.2.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.3 Etat des sectionneurs et sectionneurs de terre pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément 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 d'isolement pour les sectionneurs de terre pour laquelle l'indicateur ou le dispositif de signalisation peut signaler la position Ouvert, ou sinon, la distance minimale de sectionnement compatible avec les dispositions de verrouillage spécifiées en 5.104, la plus petite de ces deux distances étant retenue.

Cette prescription ne s'applique pas aux sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre indépendante.

6.2.4 Critères de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de la CEI 60694 s'applique avec le complément suivant:

Le sectionneur ou sectionneur de terre a réussi les essais de choc si les conditions suivantes sont remplies:

- a) le nombre de décharge disruptive ne doit pas dépasser deux pour chacune des séries de 15 chocs;
- b) aucune décharge disruptive ne doit se produire sur des isolations non autorégénératrices.

Cela est vérifié par au moins cinq chocs sans décharge disruptive après le dernier choc de la série de 15 chocs, pendant laquelle s'est produit la dernière décharge disruptive. Si ce choc est l'un des cinq derniers d'une série de 15 chocs, des chocs supplémentaires doivent être effectués.

Si des décharges disruptives se produisent et si, pour quelle raison que ce soit, la preuve que les décharges disruptives étaient exclusivement sur l'isolation autorégénératrice ne peut être donnée, le sectionneur ou sectionneur de terre doit être démonté après les essais diélectriques et inspecté. Si des perforations de l'isolation non autorégénératrice sont observées, le sectionneur ou sectionneur de terre n'a pas satisfait aux essais.

NOTE 1 Si le facteur de correction atmosphérique K_t est inférieur à 1,00 mais supérieur à 0,95, il est admis de suivre le critère indiqué en 6.2.4 de la CEI 60694 lorsque le facteur de correction n'est pas appliqué pendant les essais. Par la suite, si une ou deux décharges disruptives se produisent sur l'isolation externe pendant 15 chocs, la série particulière d'essais pendant laquelle un ou des amorçages se sont produits est répétée avec le facteur de correction approprié de façon à ce qu'aucune décharge disruptive externe ne se produise.

NOTE 2 Pour les sectionneurs et sectionneurs de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse essayés avec des traversées qui ne font pas partie du sectionneur ou sectionneur de terre, il convient de faire abstraction des amorçages sur les traversées d'essais et de ne pas les compter..

NOTE 3 Il convient que le laboratoire effectue la détermination de la localisation des décharges disruptives en utilisant des moyens de détection suffisants, comme photographies, enregistrements vidéo, inspection interne, etc.

Lorsqu'elles sont applicables, les exigences de la CEI 60298 ou de la CEI 60517 doivent être considérées.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.2.5 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

Les sectionneurs ayant une distance de sectionnement parallèle à la base du sectionneur et ayant des sectionneurs de terre associés, doivent être essayés dans la position la plus défavorable du couteau de terre et avec la tension d'essai à fréquence industrielle donnée dans le tableau 5 (voir 4.2).

Ces essais ne sont pas demandés pour les sectionneurs qui ne peuvent être manœuvrés qu'avec seulement les deux bornes hors-tension.

Tableau 5 – Tenue en tension à fréquence industrielle pendant 1 min

U_r kV	Tension d'essai kV	
	Neutre directement à la terre	Neutre isolé
72,5	84	94
100	116	130
123	142	160
145	167	188
170	196	221
245	283	-
300	346	-
362	418	-
420	484	-
550	635	-
800	924	-
1 100	1 270	-
1 200	1 386	-

NOTE 1 Pour une note explicative voir annexe D.

NOTE 2 Ces essais ne sont pas exigés pour les sectionneurs de tension assignée inférieure.

6.2.6 Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de tension assignée $U_r \leq 245$ kV

Le paragraphe 6.2.6 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.7 Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de tension assignée supérieure à 245 kV

Le paragraphe 6.2.7 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle

Le paragraphe 6.2.8 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

NOTE Il convient de considérer avec attention l'analyse des performances d'un isolement parallèle sous pollution et pluie (des essais complémentaires de pollution peuvent être nécessaires).

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.10 Essais des circuits auxiliaires et de la commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.11 Essai de tension comme vérification de l'état

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 60694 est applicable.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 6.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de la CEI 60694 est applicable.

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

Le paragraphe 6.6 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.1 Disposition des sectionneurs et des sectionneurs de terre et du circuit d'essai

Le paragraphe 6.6.1 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

6.6.1.101 Conditions générales d'essai

Le sectionneur ou le sectionneur de terre soumis à l'essai doit être installé avec son propre mécanisme de commande, dans la mesure où cela est nécessaire pour que l'essai soit représentatif.

Les sectionneurs ayant des accessoires pour s'adapter à la coupure de courant de transfert de barres et les sectionneurs de terre ayant des accessoires pour s'adapter à la coupure de courant induit doivent être essayés avec ces dispositifs montés.

Les essais doivent être exécutés dans la position la moins favorable du mécanisme de commande et des contacts principaux. Il convient de tenir compte du 5.104.3 et, quand cela est applicable, de l'annexe A.

Si la conception de l'appareil nécessite un réglage de l'indicateur de position ou du dispositif signalant la position, cela doit être réalisé selon le manuel d'instruction. Aucun écart de réglage de ces dispositifs n'est acceptable pour les essais diélectriques et de court-circuit.

Si la conception autorise des tolérances, celles-ci doivent avoir été déclarées par le constructeur avant l'essai.

Les essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles doivent être réalisés avec le dispositif de signalisation réglé au maximum ou au minimum de la tolérance spécifiée donnant la position la moins favorable des contacts principaux indiquée par le dispositif de signalisation. Cette prescription ne s'applique pas aux sectionneurs et sectionneurs de terre de type intérieur à manœuvre indépendante.

Dans tout les cas, le même réglage du dispositif de signalisation de position doit être utilisé pour les essais diélectriques et les essais de tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible.

NOTE La position la plus défavorable des contacts principaux est, pour les essais diélectriques, la distance de sectionnement la plus petite pour laquelle la signalisation «OUVERT» apparaît, et pour les essais de court-circuit, la première position au cours de la manœuvre de fermeture pour laquelle la signalisation «FERME» apparaît.

Pour rendre les résultats d'essais généralement applicables, les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent être essayés selon les dispositions d'essais spécifiées aux figures 3, 4, 5 ou 6. Au cours des essais avec conducteurs souples, les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent être contraints avec leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leurs bornes.

La disposition d'essai doit 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 sectionneurs et les sectionneurs de terre ayant un mécanisme de commande commun pour les trois pôles doivent être essayés avec le mécanisme de commande monté à une distance du pôle en essai qui ne soit pas inférieure à la distance entre phases.

Les sectionneurs de terre, ne faisant pas partie intégrante d'un sectionneur, doivent être essayés 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 essayés comme une partie de l'ensemble d'appareillage selon les normes CEI 60298, CEI 60466 or CEI 60517.

Pour les sectionneurs 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, l'essai doit être réalisé dans la position la plus haute et la plus basse du contact à l'intérieur de la zone de contact assignée.

Il convient que tous les essais soient de préférence réalisés 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 essayé. 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 couteau vertical. La longueur du conducteur de retour doit être comme indiquée dans les figures 3 à 6 selon ce qui convient.

6.6.1.102 Sectionneurs et sectionneurs de terre de tension assignée inférieure à 52 kV

La disposition d'essai donnée à la figure 3 doit être utilisée pour les sectionneurs et sectionneurs de terre

6.6.1.103 Sectionneurs et sectionneurs de terre avec tension assignée de 52 kV et au-dessus

La disposition d'essai monophasé donnée à la figure 4 doit être utilisée pour les sectionneurs ayant une distance de sectionnement horizontale et les sectionneurs de terre appropriés, les dispositions d'essai données aux figures 5 et 6 doivent être utilisées pour les sectionneurs à éléments séparés avec un intervalle de sectionnement vertical et les sectionneurs de terre appropriés.

NOTE Des déviations par rapport à ces dispositions d'essai ne sont acceptables que si elles sont basées sur un accord entre utilisateur et constructeur, accord rendu nécessaire à cause de prescriptions spéciales liées aux conditions d'exploitation.

Les dispositions d'essais triphasés doivent suivre le même modèle général que les dispositions d'essais monophasés des figures 4 à 6.

6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.3 Comportement des sectionneurs et des sectionneurs de terre au cours de l'essai

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

- a) La valeur de crête assignée du courant et le courant de courte durée assigné supportés par un sectionneur en position fermée pendant la durée de court-circuit assignée ne doivent pas causer:

- de détérioration mécanique sur aucune partie du sectionneur;
- de séparation des contacts;
- d'arc.

Le comportement du système de contact pendant l'essai de court-circuit doit être renseigné par l'enregistrement de la chute de tension aux bornes du circuit principal du sectionneur.

- b) Pour les sectionneurs de terre, le courant crête et le courant de courte durée assignés ne doivent pas être la cause d'usure ou de soudure significative des contacts.

Lorsqu'une usure ou une soudure de contact est observée à la suite de l'essai au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles un second essai à la valeur de crête admissible doit être exécuté sans aucune remise en état permise entre les deux essais. Au besoin un temps suffisant entre chaque essai sera autorisé pour que les contacts se refroidissent. Une manœuvre à vide doit être réalisée avant le second essai.

Le sectionneur de terre est considéré satisfaire aux exigences si celui-ci assure encore une solide connexion à la terre après le second essai.

Seule une légère soudure des contacts est autorisée, ce qui signifie que le sectionneur de terre peut être manœuvré dans les conditions indiquées de 4.8 à 4.10 inclus, de 5.5 et

5.6, avec les valeurs assignées pour les dispositifs de manœuvre à énergie et avec 120 % des valeurs indiquées en 5.105 pour les dispositifs à manœuvre manuelle .

6.6.4 Etat des sectionneurs et des sectionneurs de terre après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Si la résistance des sectionneurs à circuit principal long (≥ 145 kV) a augmenté de plus de 10 %, comparée à la valeur d'avant l'essai, des mesures complémentaires aux bornes des contacts et des raccords mobiles peuvent être nécessaires. La résistance de n'importe laquelle de ces parties ne doit pas avoir augmentée de plus de 20 %.

Lorsqu'avec des sectionneurs et des sectionneurs de terre sous enveloppe une inspection visuelle complète n'est pas possible, les vérifications suivantes de l'état sont applicables:

- pour la tenue diélectrique de la distance de sectionnement et de l'isolement par rapport à la terre le 6.2.11 de la CEI 60694 est applicable;
- pour la capacité à supporter son courant de service continu, voir le point 6 de 4.4.3 de la CEI 60694.

6.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 6.7 de la CEI 60694 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 60694 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 60694 est applicable.

6.101 Essais pour vérifier l'aptitude de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre

~~6.101.1 Conditions générales d'essai~~

~~Les sectionneurs de terre de classe E1 définis selon 3.4 105.2 ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit, doivent être soumis à deux manœuvres de fermeture dans les séries d'essais de fermeture, conformément à la procédure de la séquence d'essai 5 (classe E1) du 6.101.10 de la CEI 60265-1 indépendamment de la tension assignée.~~

~~Les sectionneurs de terre de classe E2 définis selon 3.4.105.3 pour des tensions assignées inférieures à 52 kV et ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit assigné, doivent être soumis à une série d'essais de fermeture conformément à la séquence d'essai 5 du 6.101.10 (classe E3) de la CEI 60265-1, excepté que le nombre de fermeture devra être porté à cinq.~~

~~NOTE Pour les sectionneurs de terre de tension assignée supérieure ou égale à 52 kV, la CEI 60265-2 s'applique pour ce qui est de l'acceptabilité de méthodes d'essais alternatives, comme par exemple l'amorçage avec un fil.~~

~~6.101.2 Comportement des sectionneurs de terre au cours de l'établissement des courants de court-circuit~~

~~Les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit assigné doivent, pendant le court-circuit avoir un comportement répondant aux conditions suivantes:~~

~~Durant la manœuvre, le sectionneur de terre ne doit pas présenter de signes exagérés de fatigue ni mettre en danger l'opérateur.~~

~~Pour les sectionneurs de terre immergés, il ne doit pas y avoir d'émission extérieure de flamme, et les gaz produits, de même que le liquide entraîné par ces gaz, doivent pouvoir s'échapper de telle façon qu'ils ne puissent causer d'amorçage électrique ou mettre en danger l'opérateur.~~

~~Pour les autres types de sectionneurs de terre, aucune émission de flamme ou de particule métallique susceptible de diminuer le niveau d'isolement du sectionneur de terre ne doit être projetée au-delà des limites spécifiées par le constructeur électrique ni mettre en danger l'opérateur.~~

~~6.101.3 Conditions du sectionneur de terre après l'essai de fermeture~~

~~Après la réalisation des manœuvres spécifiées, les parties mécaniques incluant les éléments se rapportant à la maîtrise du champ électrique (par exemple l'électrode de répartition de champ d'un sectionneur de terre pour poste blindé) et les isolateurs du sectionneur de terre doivent être pratiquement dans le même état qu'auparavant. Seul le pouvoir de fermeture en court-circuit peut être affaibli.~~

~~En cas de doute, un essai de vérification de l'état selon 6.2.11 de la CEI 60694 est applicable.~~

~~NOTE Seule une légère soudure des contacts est permise, ce qui signifie que le sectionneur de terre peut être manœuvré dans les conditions indiquées de 4.8 à 4.10 inclus, et de 5.5 et 5.6, avec les valeurs assignées pour les dispositifs de manœuvre à énergie extérieure et avec 120 % des valeurs indiquées au 5.105 pour les dispositifs à manœuvre manuelle.~~

6.101.1 Conditions générales d'essai

Les sectionneurs de terre de classes E1 ou E2 définis selon 3.4.105, 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 6.101.7.

Pour les sectionneurs de terre à fonction combinée, les essais de fermeture sur court-circuit doivent être d'abord effectués en positions de contact pour les autres fonctions, conformément aux normes applicables et suivis par les essais de fermeture sur court-circuit de la fonction de mise à la terre, sans maintenance préalable.

En variante, les essais de fermeture sur court-circuit des sectionneurs de terre à fonction combinée peuvent, selon la classe spécifiée, être effectués sur un nouveau sectionneur de terre à fonction combinée, ces essais étant précédés d'au moins un essai de fermeture sur court-circuit de l'autre fonction, suivi des essais de fermeture sur court-circuit de la fonction de mise à la terre, sans maintenance préalable.

6.101.2 Disposition des sectionneurs 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.

Son dispositif de fonctionnement doit être actionné comme prescrit et 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 de fonctionnement minimale du gaz pour l'isolement et la manœuvre de fermeture.

NOTE 1 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'accroisse pas la vitesse de fermeture des contacts.

NOTE 2 Pour faciliter les essais et obtenir des durées de fermeture exactes, un verrou électrique ou pneumatique peut être introduit au point de bascule.

NOTE 3 Les sectionneurs de terre à fonctionnement manuel indépendant peuvent être manœuvrés en utilisant une configuration qui permette la commande à distance.

NOTE 4 Pour les besoins des essais, il peut être nécessaire de mesurer les caractéristiques de déplacement, en utilisant par exemple un enregistreur de mouvement.

6.101.3 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, à une fréquence d'alimentation de 50 Hz ou 60 Hz couvrent les exigences des deux fréquences.

6.101.4 Tension d'essai

La tension d'essai doit être la suivante:

- a) Pour les essais en triphasé, 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 fabricant. Les différences entre la valeur moyenne et les tensions appliquées de chaque pôle ne doivent pas dépasser 5 %;
- b) 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 fabricant. Pour les sectionneurs de terre avec une différence entre les instants d'entrée en contacts pendant la fermeture qui dépasse la moitié d'un cycle de la fréquence assignée la tension appliquée ne doit pas être inférieure à 1,5 fois la valeur de la tension phase-terre $U_r/\sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre non effectivement à la terre et à 1,3 fois la valeur de la tension phase-terre $U_r/\sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre effectivement à la terre.

Pour faciliter les essais ou du fait des limitations liées aux installations d'essai, des méthodes d'essai alternatives peuvent être utilisées. Les méthodes d'essai alternatives sont décrites à l'Annexe G.

6.101.5 Essai du courant établi en court circuit

Le courant de court-circuit pendant l'essai de fermeture doit être exprimé en termes de courant de crête et de courant efficace symétrique. Pour les sectionneurs de terre, la valeur efficace symétrique du courant dans chaque phase à 0,2 s doit valoir au moins 80 % du courant assigné de courte durée admissible. Le courant de crête présumé doit être égal au pouvoir de fermeture 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 capable de fournir le courant avec un pré-arc se produisant à n'importe quel point de l'onde de tension. Les deux cas extrêmes sont explicités ci-après:

- a) 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 au plus long temps de pré-arc;
- b) établissement à un zéro de l'onde de tension, sans pré-arc, conduisant à un courant de court-circuit complètement asymétrique.

NOTE L'essai b) peut être réalisé à une tension appliquée réduite pour obtenir le courant de court-circuit complètement asymétrique.

6.101.6 Circuits d'essais

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 d'entraînement (dans le cas d'un mécanisme d'entraînement commun).

Les sectionneurs de terre tripolaires doivent être soumis à l'essai dans un circuit triphasé. Cependant, un essai monophasé des sectionneurs de terre avec des tensions assignées > 52 kV est permis dans les cas suivants:

- a) pour les sectionneurs de terre de type multi-enveloppes 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.

Pour les besoins des essais, la sévérité des essais de fermeture, avec des circuits dont le neutre n'est pas relié à la terre et avec les circuits dont le neutre est solidement relié à la terre, est considérée comme étant équivalente. C'est pourquoi, les essais de fermeture en court circuit triphasés peuvent être réalisés avec n'importe quel des circuits d'essai 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.

6.101.7 Méthodes 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 d'essais à vide. Les manœuvres $2C$ sont constitués de C – O(à vide) – C, à moins que le laboratoire d'essai n'ait besoin de davantage d'essais 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.

En raison d'une non-simultanéité entre les pôles ou des différents instants de l'amorçage des pré-arcs 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 quant au courant établi et au temps de pré-arc comme spécifié dans le Tableau 7 doivent être satisfaites pendant les essais.

Tableau 8 – Exigences relatives au courant établi et au temps de préarc

Classe E1	Classe E2
2 essais	5 essais

au moins 1 essai répondant aux exigences du 6.101.5 a)	au moins 2 essais répondant aux exigences du 6.101.5 a)
au moins 1 essai répondant aux exigences du 6.101.5 b)	au moins 2 essais répondant aux exigences du 6.101.5 b)
NOTE Normalement, la vitesse de fermeture des contacts des sectionneurs de terre avec le pouvoir de fermeture sur court-circuit est 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.	

6.101.8 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 en court-circuit assigné 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 particule métallique ne doit être projetée au-delà des limites spécifiées par le fabricant, mettant ainsi en danger tout opérateur à l'extérieur de ces limites.

6.101.9 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 blindé) 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 vie utile du sectionneur de terre par rapport au pouvoir de fermeture sur court circuit et à la tenue au courant de courte durée admissible est normalement 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 dans le 5.5 et le 5.6, avec les valeurs assignées pour les dispositifs à source d'énergie extérieure ou avec 120 % des valeurs données pour les dispositifs à manœuvre manuelle figurant dans le 5.105 au moyen de la poignée de manœuvre normale;
- b) Continuité électrique: Le contrôle visuel après la manœuvre à vide est habituellement suffisant pour vérifier la continuité électrique du sectionneur de terre. En cas de doute, la continuité électrique doit être mesurée conformément au 6.10.3 de la CEI 62271-1;
- c) Exigences diélectriques: Le contrôle visuel est habituellement suffisant 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 6.2.11. En variante, le 6.2.11 de la CEI 62271-100 peut être utilisé pour les tensions assignées supérieures à 72,5 kV. La pression minimale de fonctionnement du gaz pour l'isolement doit être utilisée, si applicable. Pour les sectionneurs de terre qui sont scellés à vie, la tension d'essai en tant que vérification d'état est obligatoire.

6.101.10 Essais non valables

Dans le cas d'essais non valables, il peut devenir nécessaire d'effectuer un nombre d'essais de fermeture sur court-circuit supérieur à celui qu'exige la présente norme. Un essai non valable est un essai au cours duquel au moins un paramètre d'essai spécifié par la norme 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 à la norme peut rendre l'essai plus ou moins sévère. Quatre cas de figure sont envisagés dans le Tableau 9.

La partie non valable d'une séquence d'essais 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 fabricant, le sectionneur de terre peut être reconditionné et la séquence d'essais complète répétée. Si l'enregistrement d'une manœuvre ne peut pas être produit 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 spécifiées étaient conformes.

Tableau 9 – Essais non valables

Conditions d'essai par rapport aux normes	Sectionneur de terre ayant réussi	Sectionneur de terre ayant échoué
Plus sévère	Essai valable, résultat accepté	Essai à renouveler avec les paramètres corrects. Modification de la conception du sectionneur de terre non nécessaire
Moins sévère	Essai à renouveler avec les paramètres corrects. Modification de la conception du sectionneur de terre non nécessaire	Modification de la conception du sectionneur de terre nécessaire, pour améliorer le pouvoir de fermeture. Tous les essais devant être répétés sur le sectionneur de terre modifié.

6.101.11 Rapports d'essais de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des rapports d'essais contenant des données suffisantes pour prouver la conformité avec ces caractéristiques assignées. Il convient d'inclure des renseignements suffisants pour pouvoir identifier les parties essentielles du sectionneur de terre soumis à l'essai. Se reporter au 6.1.2 de la CEI 62271-1.

Les rapports d'essais doivent contenir les renseignements précisés en 6.101.2, 6.101.4, 6.101.5, 6.101.6 et 6.101.7.

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.

Il convient d'inclure des renseignements généraux concernant la structure support du sectionneur de terre. Il convient de consigner, s'il y a lieu, le type des dispositifs de manœuvre utilisés pendant les essais.

6.102 Essais de fonctionnement et d'endurance mécanique

Pour les sectionneurs triphasés étant manœuvrés par un mécanisme unique, si cela est applicable, les efforts sur les bornes doivent être appliqués simultanément à toutes les bornes.

6.102.1 Conditions générales d'essai

Les essais doivent être réalisés à la température de l'air ambiant du local d'essai. La tension d'alimentation doit être mesurée aux bornes des dispositifs de commande au moment du passage du plein courant. On tient compte des appareils auxiliaires faisant partie du dispositif de commande.

6.102.2 Essai de la zone de contact

Cet essai doit être réalisé dans le but de prouver le bon fonctionnement des sectionneurs à éléments séparés (selon les figures 1 et 2), dans les différentes positions du contact fixe à l'intérieur des limites de la zone de contact assignée selon 4.102. Avec le dispositif en position ouvert, le contact fixe doit être placé dans les positions suivantes (selon les figures 1 et 2), h étant la position la plus haute (spécifiée par le constructeur) du contact fixe au-dessus du plan de fixation:

- 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 horizontal de $+y_r/2$;
- d) à une hauteur égale à h et déplacé de l'axe horizontal de $-y_r/2$.

L'indice r indique la valeur assignée relative au sectionneur par le constructeur.

Avec le dispositif dans la position Ouvert, le contact fixe doit être placé dans les positions suivantes x_r étant l'amplitude totale du mouvement du contact fixe dans la direction x .

- e) à une distance égale à $+x_r/2$;
- f) à une distance égale à $-x_r/2$.

Dans chaque position, le dispositif doit fermer et ouvrir correctement.

6.102.3 Essai d'endurance mécanique

6.102.3.1 Procédure d'essai

L'essai d'endurance mécanique comprend 1 000 cycles de manœuvre avec, si cela est applicable, 50 % des efforts statiques assignés sur les bornes appliqués sur le sectionneur triphasé ou sur le sectionneur de terre selon la direction $Fa1$ ou $Fa2$ (figures 7 et 8), sans tension ou courant appliqué 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 appliquée uniquement d'un seul côté du sectionneur ou du sectionneur de terre.

Les positions fermée et ouverte doivent être atteintes à chaque cycle de manœuvres.

Pendant l'essai, le fonctionnement spécifié des contacts de commande et auxiliaires et des dispositifs indicateurs de position (s'il y en a) doit être vérifié selon 5.104 et selon 5.4 de la CEI 60694.

Les essais doivent être réalisés sur des sectionneurs et des sectionneurs de terre équipés de leurs propres mécanismes de commande. Pendant les essais, le graissage est permis en accord avec les 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

- 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.

Ces manœuvres doivent être réalisées à une cadence telle que les températures des dispositifs électriques ne dépassent pas les valeurs indiquées dans le tableau 3 de la CEI 60694.

Avant le commencement des essais, le constructeur doit spécifier les paramètres à retenir comme éléments de comparaison avant et après les séries d'essais, par exemple:

- temps de manœuvre;
- consommation maximale d'énergie;
- pour les sectionneurs uniquement à commande manuelle, enregistrement des efforts de manœuvre maximaux;
- la manœuvre correcte des contacts auxiliaires et des dispositifs indicateurs de position, si cela est applicable, doit être vérifiée.

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 la tension d'alimentation. Comme alternative à une mesure directe, comme demandé par 5.105, la force peut être calculée à partir de la puissance de source en prenant en compte la vitesse de manœuvre.

6.102.3.2 Vérification de la réussite de l'opération

Avant et après le programme d'essai d'endurance mécanique une des séries d'essais suivants doit être effectuée sans l'application des efforts statiques sur les bornes:

- 5 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension minimale d'alimentation et/ou pression;
- 5 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la pression d'alimentation maximale pour la manœuvre (seulement pour les sectionneurs ou sectionneurs de terre manœuvrés par un fluide gazeux ou liquide);
- 5 cycles de manœuvres manuelles de fermeture-ouverture (seulement pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre manœuvrés à la main).

Pendant ces cycles de manœuvre, les caractéristiques fonctionnelles telles que les durées de manœuvre et la consommation maximale d'énergie doivent être enregistrées ou évaluées. Avec les sectionneurs ayant seulement un mécanisme manuel, les forces maximales doivent être enregistrées. La manœuvre correcte des contacts auxiliaires et des dispositifs indicateurs de position (éventuels) doit être vérifiée.

Les écarts entre les valeurs moyennes de chaque paramètre, comme demandé en 6.102.3.1, mesurées avant et après les essais d'endurance mécanique, doivent être validés par le constructeur et notés dans le rapport d'essai.

Après l'essai, tous les éléments, y compris les contacts, doivent être en bon état et ne doivent pas présenter d'usure excessive, voir aussi le point 6 de 4.4.3 de la CEI 60694.

La résistance du circuit principal doit être mesurée avant et après les essais d'endurance mécanique. La résistance ne doit pas varier de plus de 20 % par rapport à celle mesurée avant essai.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à isolation gazeuse, un essai d'étanchéité doit être réalisé avant et après les essais d'endurance mécanique.

Etant donné que l'influence de la température ambiante doit être prise en compte, la température doit être enregistrée.

6.102.4 Fonctionnement au cours de l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes

Vingt cycles de manœuvre avec la tension d'alimentation assignée doivent être réalisés avec les efforts mécaniques statiques assignés appliqués sur les deux bornes:

- effort longitudinal appliqué selon la direction F_{a1} ou F_{a2} ;
- effort perpendiculaire appliqué selon la direction F_{b1} ou F_{b2} , les deux dans la même direction;
- F_c représente l'effort vers le bas causé par le poids des conducteurs de connexion. Avec des conducteurs souples, le poids est compris dans les efforts longitudinaux ou transversaux.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à commande uniquement manuelle, le nombre de cycles de manœuvre peut être réduit à 10.

Pour les sectionneurs ayant une distance de sectionnement horizontale, l'effort doit être appliqué des deux côtés en même temps.

Le sectionneur peut être réglé avant l'essai et après avoir été soumis à 50 % de l'effort longitudinal ou transversal 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 de cycles de manœuvre, 6.102.3.2 et les critères de comparaisons appropriés comme demandés en 6.102.3.1 pour les essais d'endurance mécanique, sont applicables.

6.102.5 Essais complémentaires d'endurance mécanique

Les essais définis dans ce paragraphe doivent être réalisés sur des sectionneurs de classe M1 et M2.

Dans le cas de sectionneurs et de sectionneurs de terre pour postes blindés, l'enveloppe ne doit pas être ouverte durant les essais.

Les sectionneurs manoeuvrant fréquemment, comme ceux qui, conjointement à des disjoncteurs, exigent des essais complémentaires d'endurance mécanique qui doivent être exécutés comme il suit:

- a) Le programme d'essais complémentaires d'endurance mécanique consiste en un nombre de manœuvres de fermeture – ouverture selon 6.102.1 et 6.102.3.1
Selon les exigences de service, un des nombres suivants de cycles de manœuvre doit être exécuté:
 - 2 000 (pour des sectionneurs de classe M1)
 - 10 000 (pour des sectionneurs de classe M2)
- b) Après chaque série de 1 000 cycles de manœuvre ou aux intervalles de maintenance, les caractéristiques fonctionnelles doivent être enregistrées ou évaluées.

Entre les séries d'essais spécifiées, une maintenance comme le graissage et le réglage mécanique est permise et doit être réalisée en accord avec les instructions du constructeur. Un changement de sous-composants importants, comme des contacts, n'est pas permis.

Le programme de maintenance durant les essais doit être défini par le constructeur avant les essais et noté dans le rapport d'essai.

Avant et après le programme d'essai complet, des essais mécaniques doivent être réalisés et les caractéristiques fonctionnelles doivent être vérifiées comme demandé en 6.102.3.2.

Les essais suivants doivent aussi être réalisés:

- l'essai de la zone de contact (6.102.2), si applicable;
 - la vérification du fonctionnement durant l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes (6.102.4), si applicable.
- c) De plus, après le programme d'essai complet, des contrôles et des essais doivent être réalisés comme suit:
- vérification du fonctionnement correct avec la durée d'ordre de manœuvre minimale indiquée par le constructeur.
 - la vérification de l'état satisfaisant des fins-de-course mécaniques;
 - la vérification de fonctionnement des dispositifs de limitation d'effort mécanique, s'il y a lieu.
- d) Après le programme d'essai complet, tous les éléments, y compris les contacts, doivent être en bon état et ne doivent pas montrer d'usure excessive selon les articles appropriés de la CEI 60694, voir aussi le point 6 de 4.4.3 de la CEI 60694.

6.103 Fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace

Selon la CEI 60694, 2.1.2 e), trois classes d'épaisseur de glace sont spécifiées:

- classe 1 (1 mm d'épaisseur de glace);
- classe 10 (10 mm d'épaisseur de glace);
- classe 20 (20 mm d'épaisseur de glace).

Des épaisseurs de glace de 10 mm et 20 mm sont considérées être représentatives des conditions sévères de formation de glace, comme spécifié en 2.1.2 e) de la CEI 60694.

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre ayant des dispositifs permettant d'obtenir un pouvoir de coupure de courant de transfert de barres (sectionneurs uniquement) et un pouvoir de coupure de courant induit (sectionneurs de terre seulement) doivent être essayés avec ces dispositifs montés.

6.103.1 Introduction

La formation de glace peut présenter des difficultés pour la manœuvre des systèmes à fonctionnement électrique. Sous certaines conditions atmosphériques, un dépôt de glace peut être amassé sur une épaisseur qui parfois rend difficile la manœuvre des équipements de coupure extérieurs .

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.

6.103.2 Application

Les essais définis dans ce paragraphe ne sont réalisés que si le constructeur garantit un fonctionnement correct des sectionneurs et sectionneurs de terre dans des conditions sévères de formation de glace. Une procédure est décrite pour produire une épaisseur de glace transparente comparable à celle rencontrée dans la nature, ce qui permet de faire des essais reproductibles. Pour les conditions sévères de formation de glace, un choix est donné entre deux classes d'épaisseur: 10 mm et 20 mm.

NOTE Les contacts de commutation pour la coupure de courant de transfert de barres par les sectionneurs et les accessoires permettant d'avoir un pouvoir de coupure de courant induit pour les sectionneurs de terre peuvent être incapables d'assurer ces pouvoirs de coupures dans les conditions sévères de formation de glace.

6.103.3 Disposition d'essai

- a) Tous les éléments du sectionneur ou du sectionneur de terre à essayer doivent être assemblés avec leur dispositif de manœuvre, dans une salle pouvant être réfrigérée à une température d'environ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou à l'extérieur si l'on désire réaliser les essais dans des conditions naturelles de gel. 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 intéressés et que la flexion des parties de liaison restent inchangées.

NOTE Dans le choix de la capacité de réfrigération nécessaire, il convient de tenir compte de la chaleur contenue dans l'eau qui sera pulvérisée sur l'appareil en essai.

- b) Des éléments unipolaires d'appareil tripolaire peuvent être essayés si chaque pôle possède un dispositif de manœuvre séparé. Dans le cas d'un appareil tripolaire ayant un dispositif de manœuvre commun aux trois pôles, le dispositif tripolaire complet doit être essayé. Exception faite, lorsque le laboratoire d'essais ne peut pas installer d'appareils tripolaires normaux complets de tension assignée supérieure à 72,5 kV, où il peut s'avérer nécessaire d'essayer seulement un élément unipolaire entraîné par le dispositif de manœuvre commun. Dans ce cas les détails exacts de la procédure d'essai et la mesure du couple de manœuvre doivent être rapportés afin d'évaluer le résultat d'essai concernant l'aptitude du mécanisme à manœuvrer l'appareil tripolaire. Il est du ressort du constructeur de donner son accord sur la réalisation de ce type d'essai unipolaire. Cependant, il est recommandé de modifier dans la mesure du possible les châssis ou les distances en vue de permettre la réalisation d'essais tripolaires.
- c) Le sectionneur ou le sectionneur de terre doit être essayé pour manœuvrer séparément à partir de la position ouverte et à partir de la position fermée.
- d) Avant l'essai, toutes traces d'huile ou de graisse sur les parties en service qui n'ont pas besoin d'être lubrifiées, doivent être enlevées 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 d'essais.
- e) Pour faciliter la mesure de 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 en position horizontale à un endroit où il/elle recevra la même quantité d'eau moyenne que l'appareil en essai. Si les capacités calorifiques 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 en effectuant de courtes périodes d'arrosage en alternance avec des périodes plus longues de refroidissement.
- f) La disposition doit permettre l'arrosage de tout l'appareil avec une pluie artificielle tombant sous divers angles compris entre un angle nul avec la verticale et 45° . En principe, l'eau utilisée pour l'arrosage est refroidie à une température comprise entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ et arrive sur l'appareil en essai à l'état liquide.

NOTE A titre indicatif, il a été observé qu'il était nécessaire d'utiliser de 20 l à 80 l d'eau par heure et par mètre carré de surface arrosée pour obtenir une vitesse de dépôt de glace d'environ 6 mm/h.

- g) Après avoir effectué les réglages et avant les manœuvres sous conditions sévères de glace, le sectionneur et le sectionneur de terre doivent être soumis à la procédure d'essais de manœuvre mécanique de 7.101.

6.103.4 Procédure d'essai

6.103.4.1 Formation du dépôt de glace

On dépose une couche de glace transparente solide d'épaisseur requise, 10 mm ou 20 mm, doit être produite. Une procédure d'essai typique pour la formation de glace est:

- Avec le sectionneur/sectionneur de terre en position ouvert ou en position fermé, abaisser la température de l'air à 2 °C et démarrer l'arrosage avec de l'eau préalablement refroidie. Continuer cet arrosage pendant au moins 1h tout en maintenant la température de l'air dans la zone entre 0,5 °C et 3 °C.
- Abaisser la température de la salle dans la zone de –7 °C à –3 °C tout en continuant l'arrosage avec l'eau. La vitesse de variation de la température n'est pas critique et peut donc être celle qu'autorise l'installation de réfrigération disponible.
- Maintenir la température de la salle dans la zone de –7 °C à –3 °C et continuer à arroser jusqu'à ce que l'on mesure l'épaisseur de glace spécifiée à la partie supérieure de la barre-témoin. Il est recommandé de régler la quantité d'eau pour provoquer le dépôt de glace sur tout le sectionneur/sectionneur de terre à une vitesse approximative de 6 mm/h.
- Arrêter l'arrosage et maintenir la température de la salle dans la zone de –7 °C à –3 °C pour une durée d'au moins 4 h. Cela assure que tous les éléments du sectionneur et la couche de glace ont bien atteint une température constante. A la suite de cette période de vieillissement, le fonctionnement correct du sectionneur /sectionneur de terre y compris ses équipement auxiliaires doit être contrôlé.

6.103.4.2 Contrôle du fonctionnement

Si le sectionneur ou le sectionneur de terre est à commande manuelle, l'essai sera considéré comme satisfaisant si le sectionneur a été manœuvré jusqu'à sa position finale d'ouverture ou de fermeture, et s'il ne subit aucun dommage qui puisse compromettre ultérieurement ses performances mécaniques ou électriques. Si le sectionneur ou le sectionneur de terre est à commande électrique, pneumatique ou hydraulique, l'essai sera considéré comme satisfaisant si le sectionneur a été manœuvré à la première tentative jusqu'à sa position finale d'ouverture ou de fermeture par son dispositif de commande alimenté à sa tension ou sa pression assignée, et s'il ne subit aucun dommage qui puisse compromettre ultérieurement ses performances mécaniques ou électriques.

Les essais suivants démontreront que le sectionneur ou le sectionneur de terre est capable de supporter son courant assigné en service continu, son courant de courte durée et sa valeur de crête assignée, si cela s'applique.

- immédiatement après la manœuvre de fermeture par un contrôle galvanique des contacts au moyen d'une batterie et d'une lampe à une tension maximale de 100 V;
- avec la température revenue à la température ambiante, par le mesurage de la résistance du circuit principal qui ne doit pas donner de variations significatives.

6.104 Fonctionnement aux températures limites

Ces essais s'appliquent uniquement aux sectionneurs et sectionneurs de terre pour l'extérieur et ne doivent être réalisés que sur demande spéciale de l'utilisateur.

Des éléments unipolaires d'appareil tripolaire peuvent être essayés si chaque pôle possède un dispositif de manœuvre séparé. Dans le cas d'un appareil tripolaire ayant un dispositif de manœuvre commun aux trois pôles, le dispositif tripolaire complet doit être essayé.

Exception: si le laboratoire d'essais ne peut s'accommoder d'appareils tripolaires standards complets de tension assignée supérieure à 72,5 kV, des essais avec un seul pôle manœuvré par le mécanisme commun peuvent s'avérer nécessaires. Dans ce cas, les détails exacts de la procédure d'essais et une mesure du couple doivent être rapportés pour évaluer les résultats d'essais en se référant à la capacité du mécanisme à manœuvrer les trois pôles. Il est du ressort du constructeur de donner son accord sur la réalisation de ce type d'essai unipolaire. Cependant, il est, de préférence, recommandé de modifier les châssis ou les distances en vue de permettre la réalisation d'essais tripolaires.

Le temps nécessaire depuis le début de l'ordre d'ouverture jusqu'au retour du signal «position ouverte atteinte» ou jusqu'à ce que la position réelle d'ouverture soit atteinte (quelque soit le plus long), doit être noté dans le rapport d'essai.

De même, le temps pour atteindre la fermeture complète, ou le temps d'apparition du signal fermé, doit être noté.

6.104.1 Fonctionnement à la température minimale de l'air ambiant

Le sectionneur ou le sectionneur de terre doit être placé dans un local d'essai en position fermé. Il doit être complet, avec son dispositif de commande et ses équipements auxiliaires. La température doit être abaissée et maintenue à la température minimale ambiante appropriée à la classe du sectionneur ou du sectionneur de terre (voir 2.1 de la CEI 60694) pour une durée de 12 h. L'appareil doit alors effectuer de façon correcte 3 cycles de manœuvre complets à la tension d'alimentation minimale et à la tension d'alimentation maximale. L'alimentation des éléments de chauffage du mécanisme de commande est permise durant les essais.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à isolation gazeuse, un essai d'étanchéité doit être réalisé selon 6.8 de la CEI 60694, avant et après cette opération à la température minimale de l'air ambiant.

6.104.2 Fonctionnement à la température maximale de l'air ambiant

Le sectionneur ou le sectionneur de terre doit être placé dans un local d'essai en position fermé. Il doit être complet, avec son dispositif de commande et ses équipements auxiliaires.. La température doit être augmentée et maintenue à la température ambiante maximale de 40 °C (voir 2.1 de la CEI 60694) pour une durée d'au moins 4 h et maintenue suffisamment longtemps pour atteindre un équilibre thermique entre l'ensemble de l'appareil en essai et le local. L'appareil doit alors effectuer de façon correcte 3 cycles de manœuvre complets à la tension d'alimentation minimale et à la tension d'alimentation maximale.

6.105 Essais pour vérifier la fonction propre des dispositifs indicateurs de position

Ces essais s'appliquent quand un dispositif indicateur de position est utilisé comme alternative à la distance de sectionnement ou l'intervalle d'isolement visible.

Les essais prescrits sont donnés en annexe A.

6.106 Essais de coupure de courant de transfert de barres

Ces essais s'appliquent uniquement aux sectionneurs ayant un pouvoir de coupure de courant de transfert de barres assigné.

Les détails des prescriptions d'essais sont données à l'annexe B.

6.107 Essais de coupure de courant induit

Ces essais s'appliquent uniquement aux sectionneurs de terre ayant un pouvoir de coupure de courant induit assigné.

Les prescriptions détaillées de l'essai sont données à l'annexe C.

6.108 Essais de coupure de courant de jeux de barres à vide

Ces essais s'appliquent uniquement aux sectionneurs ayant un pouvoir de coupure de courant de jeux de barres à vide. Les prescriptions détaillées de l'essai sont données à l'annexe F.

7 Essais individuels de série

L'article 7 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants.

Amendement à la liste des essais individuels de série:

f) Essais de fonctionnement mécanique selon 7.101

Si des rapports d'essais des essais individuels de série sont demandés selon accord entre le constructeur et l'utilisateur, et qu'ils proviennent de constructeurs dont le système d'assurance de qualité a été certifié, les rapports édités selon leurs manuels de qualité sont acceptables.

7.1 Essais diélectriques sur le circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la CEI 60694 est applicable.

Si les conditions de l'alinéa 3 de l'article 7, ou de l'alinéa 3 de 7.1 de la CEI 60694 ne sont pas remplis, ce qui suit s'applique:

Lors des essais de sectionneurs les conditions d'essai doivent être en accord avec le tableau 6 (pour l'explication des abréviations voir la figure 2 de la CEI 60694).

Tableau 6 – Essai de tension à fréquence industrielle

Condition d'essai N°	Position du sectionneur	Tension appliquée sur	Terre connectée à
1 ^a	Fermé	AaCc	BbF
2 ^a	Fermé	Bb	AaCcF
3	Ouvert	ABC	abcF
4	Ouvert	abc	ABCF
5 ^b	Ouvert	ABC	Sectionneur de terre
^a Si l'isolement entre pôles est de l'air à la pression atmosphérique, les conditions d'essai N° 1 et 2 peuvent être combinées, l'essai de tension étant appliqué entre tous les éléments du circuit principal reliés ensemble et le châssis.			
^b Sectionneur de terre dans la position donnant le plus petit intervalle entre l'extrémité du couteau de terre et les parties sous tension d'ABC.			

Lors de l'essai des sectionneurs de terre, la tension d'essai doit être appliquée avec le sectionneur de terre en position ouvert:

- entre deux bornes isolées adjacentes et les châssis à la terre (ex: A relié à B avec F à la terre);
- entre toutes les bornes isolées connectées ensemble et les châssis à la terre (ex: ABC et F à la terre).

7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la CEI 60694 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de la CEI 60694 est applicable seulement pour les sectionneurs.

7.4 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 7.4 de la CEI 60694 est applicable .

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le paragraphe 7.5 de la CEI 60694 est applicable.

7.101 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement mécanique sont effectués pour s'assurer que les sectionneurs et les sectionneurs de terre fonctionnent, dans les conditions prescrites, dans les limites spécifiées de tension et de pression d'alimentation de leurs mécanismes de commande.

Durant ces essais, qui sont effectués sans tension ni courant dans le circuit principal, on doit vérifier que les sectionneurs ou les sectionneurs de terre s'ouvrent et se ferment correctement lorsque leurs mécanismes de commande sont mis sous tension ou sous pression.

Les essais doivent être effectués selon 6.102.3.2. Le programme d'essai mentionné ne doit être effectué qu'une seule fois.

Pendant les essais, aucun réglage ne doit être fait et le fonctionnement doit être sans faille. Les positions de fermeture et d'ouverture doivent être atteintes avec les indications et les signalisations requises au cours de chaque cycle de manœuvre.

Après ces essais aucun élément du sectionneur ou du sectionneur de terre ne doit être endommagé.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre de tension assignée 52 kV et au-dessus, les essais de manœuvres mécaniques des essais individuels de série peuvent être effectués sur des sous-ensembles.

Dans le cas où les essais individuels de série sont effectués sur des composants séparés, ils doivent être refaits sur le terrain avec un sectionneur complètement assemblé lors des essais de réception. Le même nombre total de manœuvre, comme spécifié en 6.102.3.2, doit être effectué.

NOTE L'essai de manœuvre mécanique ne sera pas représentatif pour les conditions de manœuvre dans une sous-station quand des liaisons compliquées sont utilisées entre le point de manœuvre et l'appareillage et quand les roulements sont montés sur des supports fragiles.

8 Guide pour le choix des sectionneurs et des sectionneurs de terre

8.101 Généralités

Pour le choix des sectionneurs et des sectionneurs de terre, il convient que les conditions suivantes et les spécifications sur site soient considérées:

- les conditions de courant en régime continu et en surcharge;

- les conditions de défaut existantes;
- les efforts statiques et dynamiques résultants de la conception de la station;
- utilisation de conducteurs rigides ou flexibles pour être connectés au sectionneur ou au sectionneur de terre ou sur quel type de conducteur est monté le contact séparé;
- les conditions d'environnement (climat, pollution, etc.);
- l'altitude du site du poste;
- type de performance requise en manœuvre (endurance mécanique);
- exigences pour la coupure (coupure de courant de transfert de barres par les sectionneurs, coupure de courant induit par les sectionneurs de terre, pouvoir de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre).

Lorsque l'on procède au choix d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, il est recommandé de tenir compte du développement futur probable d'un réseau dans son ensemble, de telle sorte que le sectionneur ou le sectionneur de terre puisse convenir non seulement pour les besoins immédiats mais aussi pour les exigences futures.

Lorsque les exigences nationales conduisent à des écarts par rapport à cette norme, ils doivent être notifiés dans les soumissions.

8.102 Choix des caractéristiques assignées pour les conditions normales de service

Toutes les caractéristiques et classes assignées d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre indiquées à l'article 4 doivent être prises en considération, pour autant que cela est applicable ainsi que les paragraphes suivants.

8.102.1 Choix de la tension assignée et du niveau d'isolement assigné

Il convient de choisir la tension assignée d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre au moins égale à la tension la plus élevée du réseau à l'endroit où le sectionneur ou le sectionneur de terre doit être installé.

Il est recommandé de choisir la valeur de tension assignée d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre parmi les valeurs normales et leurs niveaux d'isolement correspondants indiqués en 4.1 et 4.2 de la CEI 60694.

Pour choisir le niveau d'isolement des sectionneurs et des sectionneurs de terre à partir des tableaux 1a, 2a, 1b et 2b de la CEI 60694, il convient de prendre l'annexe D de la CEI 60694 en considération. Lorsqu'un sectionneur ou un sectionneur de terre est prévu être installé dans un endroit nécessitant un niveau d'isolement plus élevé que celui indiqué dans ces tableaux, cela doit être spécifié dans l'appel d'offre. (voir 9.101)

8.102.2 Choix du courant assigné en service continu

La valeur du courant assigné en service continu d'un sectionneur est, en principe, choisie à partir des valeurs normales indiquées en 4.4.1 de la CEI 60694.

Il convient de noter que les sectionneurs n'ont aucune capacité de surintensité continue spécifiée. Par conséquent, lorsqu'on choisit un sectionneur, il est recommandé que son courant assigné en service continu convienne pour tous les courants de charge qui peuvent se produire en service. Lorsque des surintensités intermittentes, fréquentes et importantes sont prévisibles, il est recommandé de consulter le constructeur.

NOTE Il est entendu que le courant assigné en service continu correspond au courant que le sectionneur peut supporter en permanence sauf pour des conditions d'emploi exceptionnelles. De telles conditions peuvent se rencontrer, par exemple, dans le cas de certains sectionneurs de générateur qui peuvent être fermés pendant très longtemps sous un courant voisin de leur courant assigné en service continu sans être manœuvré et dans une température ambiante élevée. Dans de tel cas, il est recommandé de consulter le constructeur.

8.102.3 Choix d'une zone de contact assignée

Il est recommandé que la zone de contact assignée soit choisie selon 4.102.

Lors du choix de la zone de contact assignée, l'utilisateur doit vérifier que la zone de contact assignée spécifiée par le constructeur n'est pas dépassée dans sa propre application avec les contraintes additionnelles suivantes, si cela est applicable:

- un déplacement longitudinal qui résulte de l'effort dû au vent sur d'autres éléments qui sont connectés perpendiculairement au mouvement du conducteur et de l'appareil;
- un déplacement perpendiculaire qui résulte de l'effort dû au vent sur d'autres éléments qui sont connectés perpendiculairement au mouvement du conducteur et de l'appareil;
- un déplacement vertical qui résulte d'autres charges suspendues au conducteur et des efforts de manœuvre générés par la manœuvre d'autres appareils connectés au conducteur.

8.102.4 Choix des efforts mécaniques assignés sur les bornes

Il convient de choisir les efforts statiques et dynamiques assignés en se reportant au 4.103 et aux définitions de 3.7.121 Les conditions les plus désavantageuses devraient être prise en considération par l'utilisateur au moment de la spécification des efforts assignés sur les bornes.

NOTE Il est recommandé de calculer les efforts statiques sur les bornes sur les bases suivantes:

- température minimale de l'air ambiant spécifié, et
- moins 10 °C plus l'effort dû au vent et à la glace, ou
- moins 5 °C plus l'effort dû au vent (régions tropicales)

Pour le calcul des efforts dynamiques et statiques spécifiés sur les bornes et le calcul de la solidité des isolateurs, il convient de considérer la résultante des efforts des conducteurs raccordés sur le sectionneur ou le sectionneur de terre en tenant compte des efforts dus au vent et à la glace (si applicable) sur ces conducteurs.

8.102.5 Choix du pouvoir de coupure de courant de transfert de barres pour les sectionneurs de tension supérieure ou égale à 52 kV

Bien que par définition, les sectionneurs ne sont capables d'ouvrir et de fermer un circuit que lorsque le courant établi ou coupé est négligeable, ou qu'aucune différence de potentiel significative n'apparaisse aux bornes de chaque pôle, les sectionneurs sont dans certains cas utilisés pour le transfert de charge d'un jeu de barre sur un autre. Même si une barre de couplage est fermée, le transfert de charge peut être une manœuvre plus ou moins sévère pour le sectionneur, en fonction des dimensions du poste et du courant qui doit être transféré.

Si un pouvoir de coupure de courant de transfert de barres est spécifié, les valeurs de courant de transfert et la tension de rétablissement présumée doivent être choisies parmi celles indiquées en annexe B et spécifiées dans l'appel d'offre.(voir article 9).

8.102.6 Choix du pouvoir de coupure de courant induit pour des sectionneurs de terre de tension supérieure ou égale à 52 kV

La définition d'un sectionneur de terre n'inclut pas de pouvoir de coupure. Un sectionneur de terre standard est capable d'ouvrir et d'établir une connexion à la terre d'un élément isolé d'un poste ou d'une ligne quand le courant à couper ou à établir est négligeable et/ou la tension aux bornes de chacun des pôles du sectionneur de terre est si faible qu'elle ne produirait qu'un arc négligeable. Selon la définition des sectionneurs un courant ne dépassant pas 0,5 A est considéré comme étant un courant négligeable.

Dans les réseaux, haute tension les configurations des pylônes sont quelquefois utilisées avec plus d'un terre montés sur un même support. Dans ce cas des courants induits doivent

être coupés ou établis lors de la mise à la terre d'une de ces lignes lorsque l'autre est connectée au réseau et transporte un courant de charge. L'amplitude des courants induits à être coupés ou établis par le sectionneur de terre dépend des facteurs de couplage capacitif et inductif entre les lignes, de la tension, de la charge et de la longueur des lignes en parallèle.

Si un pouvoir de coupure est spécifié, il convient de choisir parmi les valeurs données à l'annexe C et spécifiées dans l'appel d'offres (voir article 9).

8.102.7 Conditions environnementales locales

Pour les conditions normales et spéciales de service des sectionneurs et des sectionneurs de terre l'article 2 de la CEI 60694 s'applique.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre, les conditions de pollution de certaines zones extérieures et intérieures sont défavorables du fait de la fumée, des vapeurs chimiques, des brouillards salins etc. Lorsque l'existence de telles conditions défavorables est connue, il convient d'apporter une attention particulière à la réalisation et aux matériaux utilisés pour le sectionneur et le sectionneur de terre.

Pour les isolateurs normalement exposés à l'air, il convient de choisir la longueur de ligne de fuite nécessaire selon 5.14 de la CEI 60694. Le comportement d'un isolateur en atmosphères polluées dépend également de la fréquence à laquelle on effectue un lavage artificiel ou d'autre méthode de réduction de la pollution, ou à quelle fréquence le nettoyage naturel se produit.

NOTE Une longueur de ligne de fuite nominale plus petite que celle obtenue par le produit de la tension assignée par la longueur de ligne de fuite spécifique minimale peut être utilisée, si le modèle de porcelaine a été vérifiée par des essais pour satisfaire aux exigences de l'utilisateur.

Pour les installations intérieures, de matériel de type ouvert, dans des zones côtières où le dépôt salin pose des problèmes, et pour des tensions supérieures ou égales à 52 kV, il est recommandé d'utiliser des matériels avec une isolation de type extérieur, parce que ceux-ci seront plus facilement disponibles que des isolations intérieures spéciales. L'utilisation d'installations sous enveloppe (GIS) est également possible.

Si un sectionneur ou un sectionneur de terre doit être placé dans un endroit où la pression due au vent excède 700 Pa, il convient de le spécifier dans l'appel d'offre.

Si un sectionneur ou un sectionneur de terre doit être installé dans un endroit où une couche de glace d'une épaisseur supérieure à 1 mm est prévisible, il convient de le spécifier dans l'appel d'offre en tenant compte de 6.103.

8.102.8 Conditions sismiques

Le paragraphe 2.2.4 de la CEI 60694 est applicable.

8.102.9 Utilisation à hautes altitudes

Le paragraphe 2.2.1 de la CEI 60694 est applicable.

8.102.10 Choix du courant de courte durée admissible assigné et de la durée du court-circuit assignée

Les paragraphes 4.5 et 4.7 de la CEI 60694 sont applicables.

Les montages d'essais donnés aux figures 4, 5 et 6 sont des exigences minimales. Il n'est pas exclu qu'il existe des conceptions de postes pour lesquelles les sectionneurs subissent des contraintes supérieures.

NOTE La relation entre le courant et durée est donnée par la formule $I^2t = \text{constante}$

8.102.11 Choix de la valeur de crête du courant admissible assigné et du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit des sectionneurs de terre

Le sectionneur ou le sectionneur de terre choisi doit avoir une valeur de crête de courant admissible assignée au moins égale à la plus grande valeur de crête du courant de défaut se produisant dans le réseau (en considérant la valeur de la constante de temps du réseau).

Il convient de tenir compte de 4.6 de la CEI 60694.

Cela s'applique également au pouvoir de fermeture assigné d'un sectionneur de terre (s'il y a lieu).

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

La CEI 60694 exige de fournir les renseignements spécifiés ci-après. Il sera utile de prendre en considération les renseignements décrits à l'article 8.

9.101 Renseignements à donner dans les appels d'offre et les commandes

Pour faire un appel d'offres ou passer une commande d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, il est recommandé au demandeur de fournir les renseignements suivants:

- a) Caractéristiques propres au réseau, c'est-à-dire tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, nombre de phases et modalités de mise à la terre du neutre.
- b) Conditions en service comprenant les températures minimales et maximales de l'air ambiant, cette dernière si elle est supérieure aux valeurs normales; l'altitude si elle est supérieure à 1 000 m; et toutes conditions spéciales susceptibles d'exister ou de se produire, par exemple l'exposition inhabituelle aux vapeurs, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à une poussière excessive ou à l'air salin (voir de 8.102.7 à 8.102.9).
- c) Caractéristiques d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre. Il convient de donner les renseignements suivants:
 - nombre de pôles;
 - installation: pour l'intérieur ou pour l'extérieur;
 - tension assignée;
 - niveau d'isolement assigné s'il existe un choix entre différents niveaux d'isolement correspondant à une tension assignée donnée ou, s'il est différent du niveau normal, niveau d'isolement demandé (voir tableaux 1a, 1b, 2a et 2b de la CEI 60694); pour les sectionneurs ou sectionneurs de terre de tension nominale ≥ 300 kV, la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre;
 - fréquence assignée;
 - courant assigné en service continu (seulement pour les sectionneurs);
 - la crête du courant et le courant de courte durée admissible assigné;
 - pouvoir de fermeture assigné en court-circuit s'il y a lieu (seulement pour les sectionneurs de terre); (voir 3.4.105)
 - si elle est différente de la valeur normale, valeur spécifiée de la durée de court-circuit;
 - efforts mécaniques statiques et dynamiques assignés sur les bornes (voir 4.103);
 - types de conducteurs souples ou rigides utilisés pour raccorder le sectionneur ou le sectionneur de terre ou type de conducteur sur lequel est monté le contact séparé;

- conditions de montage et connexions haute tension, par exemple type d'accrochage du contact fixe du sectionneur ou sectionneur de terre, type de support fourni, ou non, avec l'équipement;
- exigences pour les isolateurs à utiliser avec le sectionneur ou le sectionneur de terre
 - classe de pollution suivant la CEI 60815;
 - profil des ailettes (s'il y a lieu) suivant la CEI 60815;
 - voir l'article 10.

NOTE Les autres caractéristiques des isolateurs relèvent de la responsabilité du constructeur de l'appareillage.

- zone de contact exigée, si applicable;
- exigences supplémentaires s'il y a lieu:
 - pollution artificielle;
 - fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace;
 - coupure de courant de transfert de barres (seulement pour les sectionneurs);
 - coupure de courant induit (seulement sur les sectionneurs de terre);
 - classe d'endurance mécanique accrue M1 ou M2;
 - pouvoir de fermeture en court-circuit: classe E1 ou classe E2 (seulement pour les sectionneurs de terre);

d) Caractéristiques de la commande et de l'équipement associé, en particulier:

- type de commande, manuelle ou par une source d'énergie extérieure;
- pour les manœuvres indépendantes manuelles: la durée d'accumulation,
- la hauteur de manœuvre au-dessus du niveau de service,
- pour les modes de commande à source d'énergie extérieure, le type d'énergie d'alimentation disponible (par exemple air comprimé, ou électrique c.c./c.a.) et ses caractéristiques (pression, tension, fréquence),
- nombre et type des contacts auxiliaires,
- degré de protection s'il est supérieur à celui spécifié en 5.13.

e) Exigences relatives à l'utilisation de gaz comprimé et exigences relatives à la construction et aux essais des réservoirs à pression.

f) Tout essai individuel de série ou tout contrôle supplémentaire devant être réalisés devant l'utilisateur.

L'utilisateur peut exiger que les essais suivants soient réalisés en sa présence comme essais finaux avant expédition, si spécifié dans la commande. Ils peuvent être réalisés comme des essais de prélèvement sur une unité ou à raison de 1 % du nombre d'unités commandés par contrat:

- épaisseur du revêtement (peinture, couche galvanisée, etc.) pour la protection anticorrosion;
- contrôle électrique du câblage (s'il y a lieu);
- accessoires et documentation (installation, instructions relatives au fonctionnement, au stockage et au transport);
- temps de manœuvre (si nécessaire).

g) Indiquer les conditions spéciales qui ne figurent pas ci-dessus et qui peuvent influencer la soumission ou la commande.

9.102 Renseignements à donner avec les soumissions

Il convient que les renseignements fournis avec les soumissions couvrent l'ensemble des exigences spécifiées en 9.101, si applicable, et mentionnent les conformités et les écarts par

rapport à la demande. En complément, toutes les notices descriptives et plans ainsi que les documents tels que certificats d'essai ou rapports doivent être fournis comme exigé.

9.102.1 Valeurs assignées et caractéristiques

- a) le nombre de pôles;
- b) l'installation: pour l'intérieur ou pour l'extérieur;
- c) la tension assignée;
- d) le niveau d'isolement assigné et, en particulier, la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre, s'il y a lieu;
- e) la fréquence assignée;
- f) le courant assigné en service continu (seulement pour les sectionneurs);
- g) le courant de courte durée admissible assigné et la crête du courant;
- h) le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit (pour les sectionneurs de terre seulement);
- i) les essais de type spécifiés sur demande spéciale;
- j) le pouvoir de coupure du courant de transfert de barres assigné selon l'annexe B;
- k) le pouvoir de coupure de courant induit assigné pour les sectionneurs de terre (classe définie selon l'annexe C);
- l) l'endurance mécanique assignée aux sectionneurs (classe M);
- m) l'endurance électrique assignée aux sectionneurs de terre (classe E).

9.102.2 Détails constructifs

- a) masse du sectionneur ou du sectionneur de terre complet;
- b) distances d'isolement minimales dans l'air:
 - entre pôles,
 - par rapport à la terre,
 - pour la distance de sectionnement (seulement pour les sectionneurs);
- c) pour les sectionneurs et sectionneurs de terre à éléments séparés, la zone de contact assignée;
- d) la protection anticorrosion;
- e) pour les sectionneurs ayant un contact fixe exigeant des efforts de réaction lors de l'ouverture et de la fermeture du contact, ces forces et leur direction doivent être spécifiées par le constructeur dans la documentation.

9.102.3 Commande du sectionneur ou du sectionneur de terre et son équipement associé

- a) type de la commande;
- b) tension assignée d'alimentation et/ou pression assignée de commande;
- c) courant requis à la tension assignée d'alimentation pour manœuvrer le sectionneur ou le sectionneur de terre; courant maximal et tension maximale aux bornes de la commande;
- d) quantité de gaz ramenée à la pression atmosphérique requise pour manœuvrer le sectionneur ou le sectionneur de terre à la pression assignée d'alimentation;
- e) nombre et type des contacts auxiliaires;
- f) façon dont est réalisé le dispositif de verrouillage en position;
- g) façon dont sont réalisés les dispositifs indicateurs ou de signalisation.

9.102.4 Encombrement maximal et autres renseignements

Le constructeur doit donner les renseignements nécessaires concernant l'encombrement maximal du sectionneur ou du sectionneur de terre dans les positions d'ouverture ou de fermeture. Il convient également d'indiquer les cotes de fixation et la masse des sectionneurs et sectionneurs de terre. Les dimensions indiquées sur les plans sont soumises à tolérance telle que normalisée par l'ISO 2768-1 sauf spécification contraire.

Il est également recommandé de donner des renseignements généraux concernant la maintenance (voir 10.4).

9.102.5 Conditionnement de l'équipement

Le constructeur doit informer l'utilisateur du type de colis dans lequel les sectionneurs et sectionneurs de terre sont transportés et délivrés.

10 Règles pour le transport, le stockage, l'installation, le fonctionnement et la maintenance

L'article 10 de la CEI 60694 est applicable.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 10.1 de la CEI 60694 est applicable.

10.2 Installation

Le paragraphe 10.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

Les sectionneurs et sectionneurs de terre doivent être emballés – autant que faire se peut – en une seule unité.

Il convient que les colis et les caisses contenant plus d'une seule unité ou plus d'un seul composant (isolateurs, bielles, mécanismes de commande et composants similaires) soient clairement repérés et accompagnés d'une liste de matériel.

10.3 Fonctionnement

Le paragraphe 10.3 de la CEI 60694 est applicable.

10.4 Maintenance

Le paragraphe 10.4 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

Pour les sectionneurs ayant un pouvoir de coupure de courant de transfert de barres, il est nécessaire de prendre en compte le nombre de manœuvres pour déterminer les périodes de maintenance.

11 Sécurité

L'article 11 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant.

NOTE Les termes «informé» et «qualifié» sont définis respectivement dans le VEI 826-09-01 et dans le VEI 826-09-02. Les exigences pour «informé» et «qualifié» peuvent varier en fonction des règles locales de sécurité.

11.1 Aspects électriques

Le paragraphe 11.1 de la CEI 60694 est applicable.

11.2 Aspects mécaniques

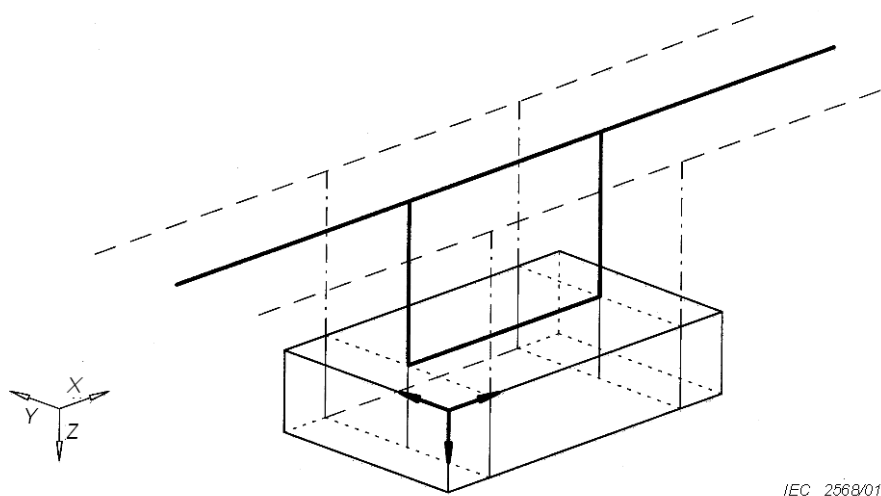
Le paragraphe 11.2 de la CEI 60694 est applicable.

11.3 Aspects thermiques

Le paragraphe 11.3 de la CEI 60694 est applicable complété par le paragraphe 5.13.

11.4 Aspects opérationnels

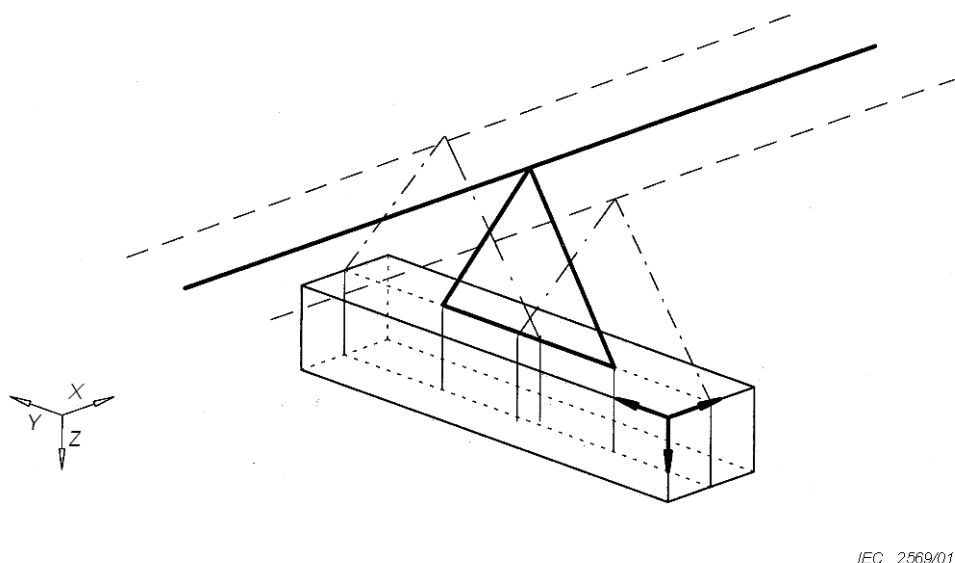
Le paragraphe 11.4 de la CEI 60694 est applicable complété par le paragraphe 5.104.



Légende

- x longitudinal au support (influence de la température)
- y perpendiculaire au support (influence du vent)
- z déplacement vertical (température et glace)

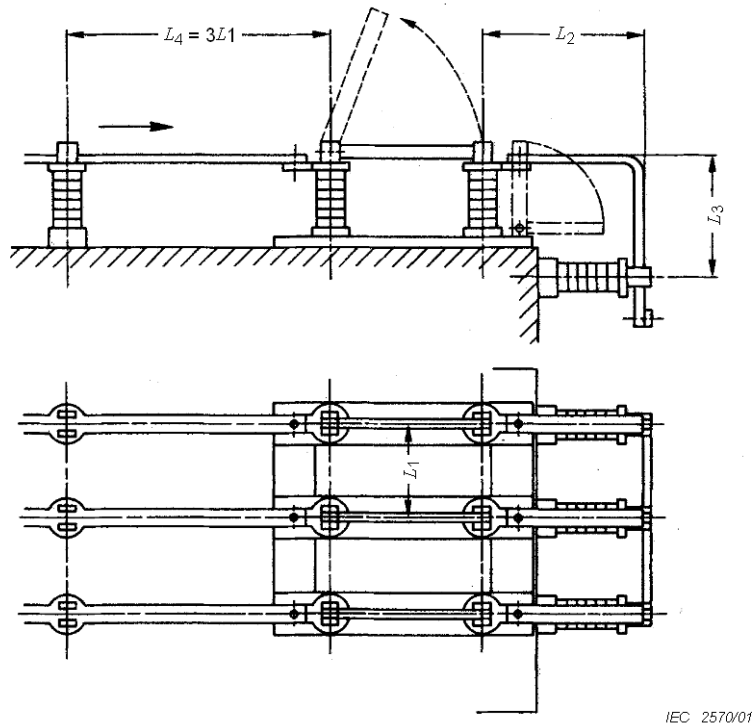
Figure 1 – Contact fixe parallèle au support



Légende

- x longitudinal au support (influence de la température)
- y perpendiculaire au support (influence du vent)
- z déplacement vertical (température et glace)

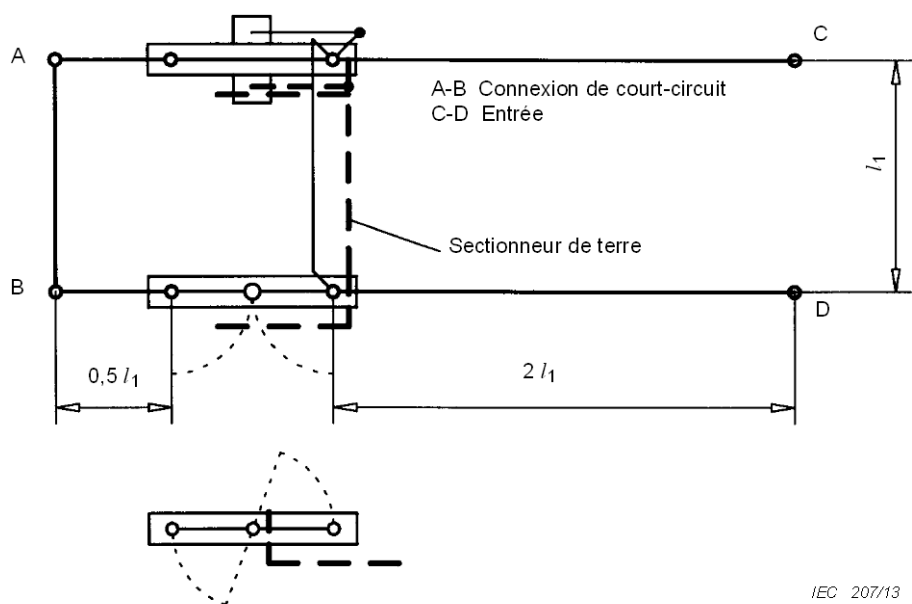
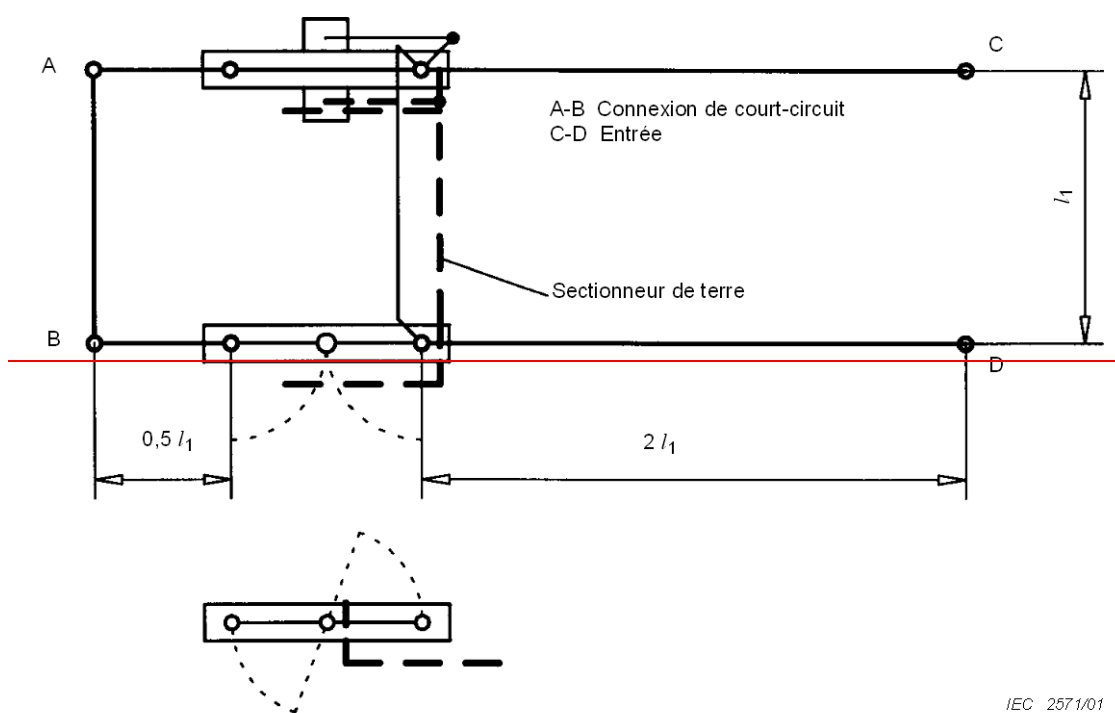
Figure 2 – Contact fixe (comme indiqué à la figure 8) perpendiculaire au support



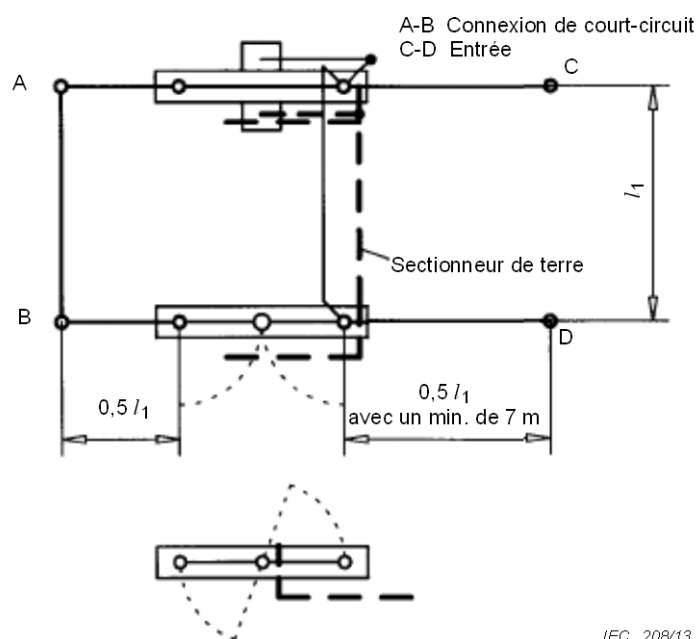
NOTE 1 Il convient de s'assurer que des efforts non représentatifs des conditions de service ne sont pas introduits par les connexions à la source d'essai.

NOTE 2 Les distances L_2 et L_3 sont aussi courtes que possible, mais non inférieures à L_1

Figure 3 – Disposition d'essai triphasé pour des sectionneurs et des sectionneurs de terre de tension assignées inférieures à 52 kV



a) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée 52 kV à 550 kV



IEC 208/13

b) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée supérieure à 550 kV

Légende

l_1 distance minimale entre axe minimal de pôles voisins adjacents comme indiquée par le constructeur

Figure 4 – Disposition d'essai monphasé pour sectionneurs comportant une distance de sectionnement horizontale et pour sectionneurs de terre de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV

Dans un poste, les sectionneurs destinés à être raccordés avec des conducteurs souples ou rigides doivent être essayés avec des conducteurs souples et à moins de spécification contraire, avec leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leur bornes (sens longitudinal F_{a1} de la figure 7) dans un montage d'essai aux dimensions indiquées à la figure 4. Les sectionneurs seulement destinés à être raccordés avec des conducteurs rigides peuvent être essayés avec des conducteurs rigides avec une disposition d'essai de même dimension. Les dimensions des conducteurs utilisés doivent être mentionnées dans le rapport d'essai.

Tous les détails relatifs à la disposition de l'essai sont obligatoires, les détails du sectionneur et sectionneur de terre représentés sont donnés à titre d'exemple.

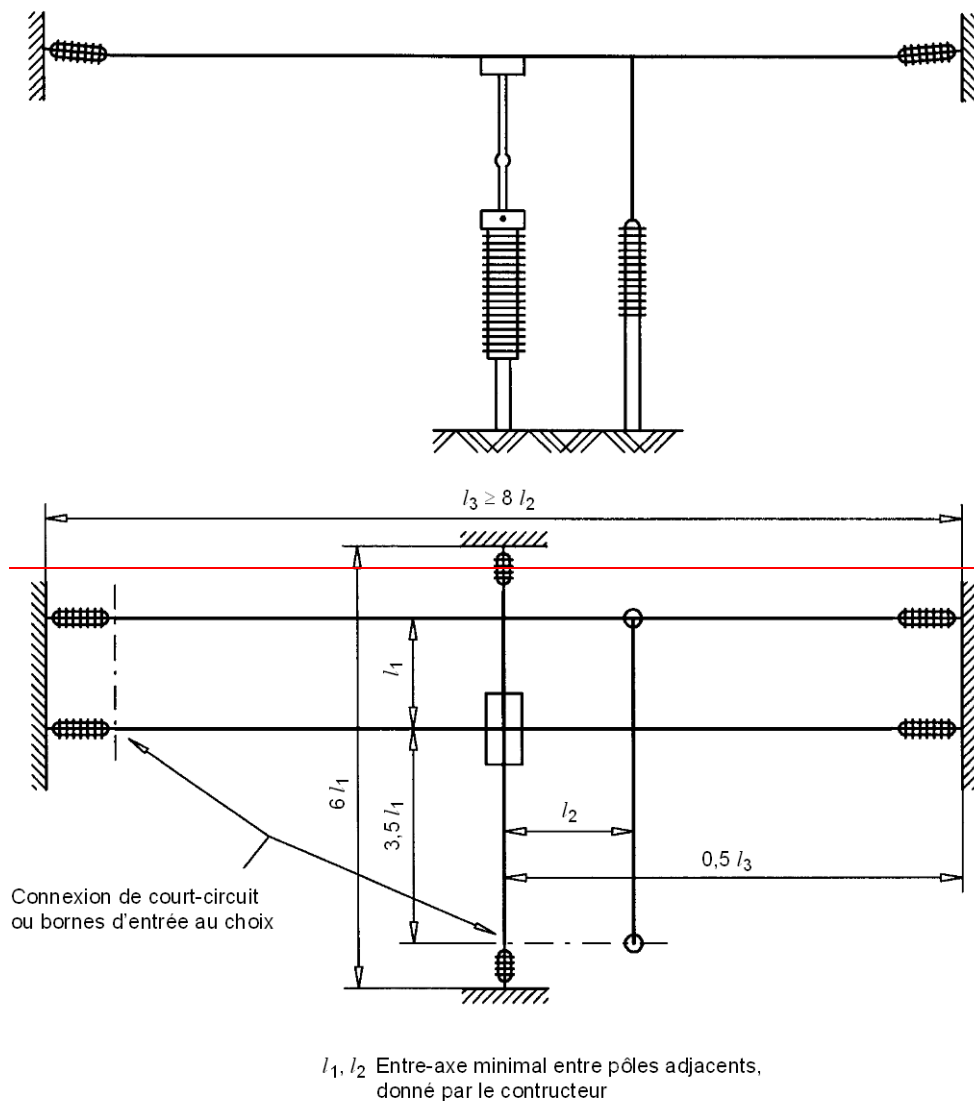
Pour la standardisation des essais lorsqu'ils sont effectués avec des conducteurs souples, et que les courants assignés des matériels sont supérieurs à 1 250 A en service continu et supérieur à 31,5 kA en court-circuit pendant 1 s, deux conducteurs souples doivent être utilisés avec un entre-axe de 70 mm $\pm$ 30 mm sans entretoises. Dans le cas où des entretoises sont demandées par l'utilisateur, cela doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. Cela et tout autres déviations qui ont fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur doivent être indiqués clairement dans le rapport d'essai. Les sectionneurs et les sectionneurs de terre ayant une tension assignée égale ou supérieure à 300 kV doivent généralement être essayés avec un faisceau de conducteur double. Les conducteurs souples utilisés doivent avoir un diamètre de 32 mm $\pm$ 10 %.

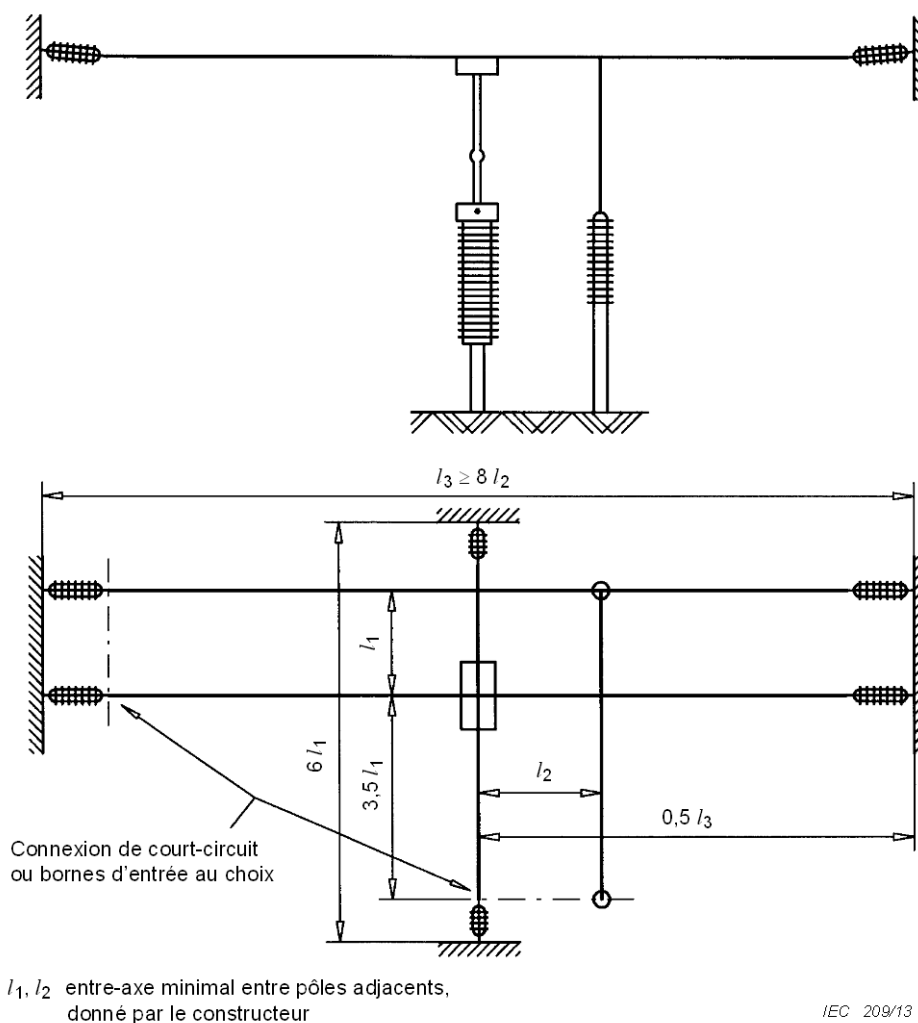
A moins que le sectionneur ou le sectionneur de terre ne soit solidement fixé sur les fondations, la constante d'élasticité du support doit être prise en considération (CEI 60865-1).

Le rapport ou le certificat d'essais doit fournir les détails du montage d'essais ou montrer que le sectionneur était solidement fixé aux fondations.

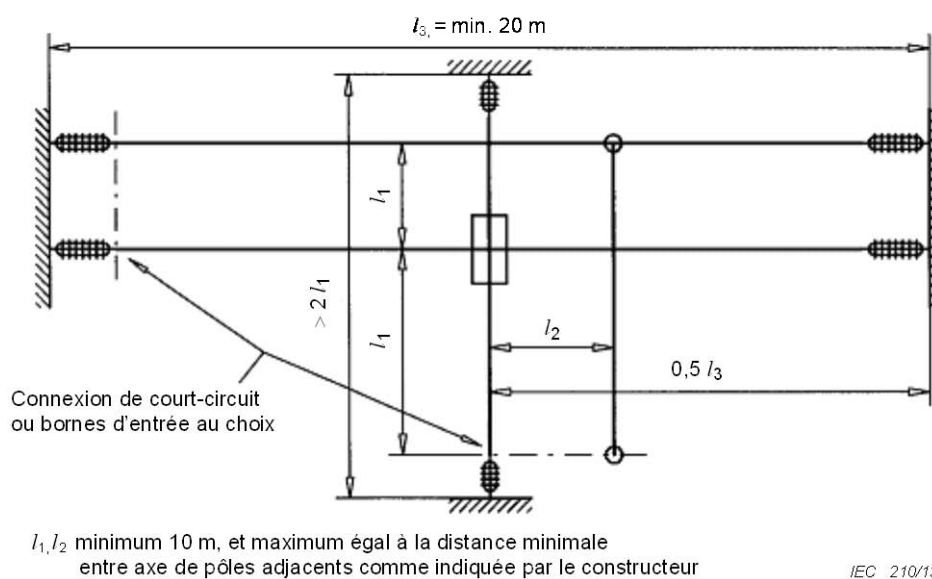
NOTE 1 Il convient de s'assurer que des efforts non représentatifs des conditions de service ne sont pas introduits par les connexions à la source d'essai et que les efforts statiques sur les bornes ne sont pas plus importants que les efforts statiques assignés pour l'appareillage en essai. Après l'application de 50 % des efforts statiques assignés sur les bornes, le sectionneur ou le sectionneur de terre peut être réglé, avant d'appliquer 100 % des efforts.

NOTE 2 En principe, la figure 4 est aussi applicable pour essayer les sectionneurs de terre avec des dispositions appropriées du conducteur de terre.





a) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée 52 kV à 550 kV



b) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée supérieure à 550 kV

Figure 5 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) à distance de sectionnement verticale et de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV, prévus pour être utilisés avec des conducteurs souples

Pour la standardisation des essais lorsqu'ils sont effectués avec des conducteurs souples, et que les courants assignés des équipements sont supérieurs à 1 250 A en service continu et à 31,5 kA en court-circuit pendant 1 s, deux conducteurs souples doivent être utilisés avec un entre-axe de $70 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ sans entretoises. D'autres dispositions avec entretoises peuvent être définies par accord entre constructeur et utilisateur. De telles modifications doivent être indiquées dans le rapport d'essai. Les sectionneurs et les sectionneurs de terre ayant une tension assignée égale ou supérieure à 300 kV doivent généralement être essayés avec un faisceau de conducteur double.

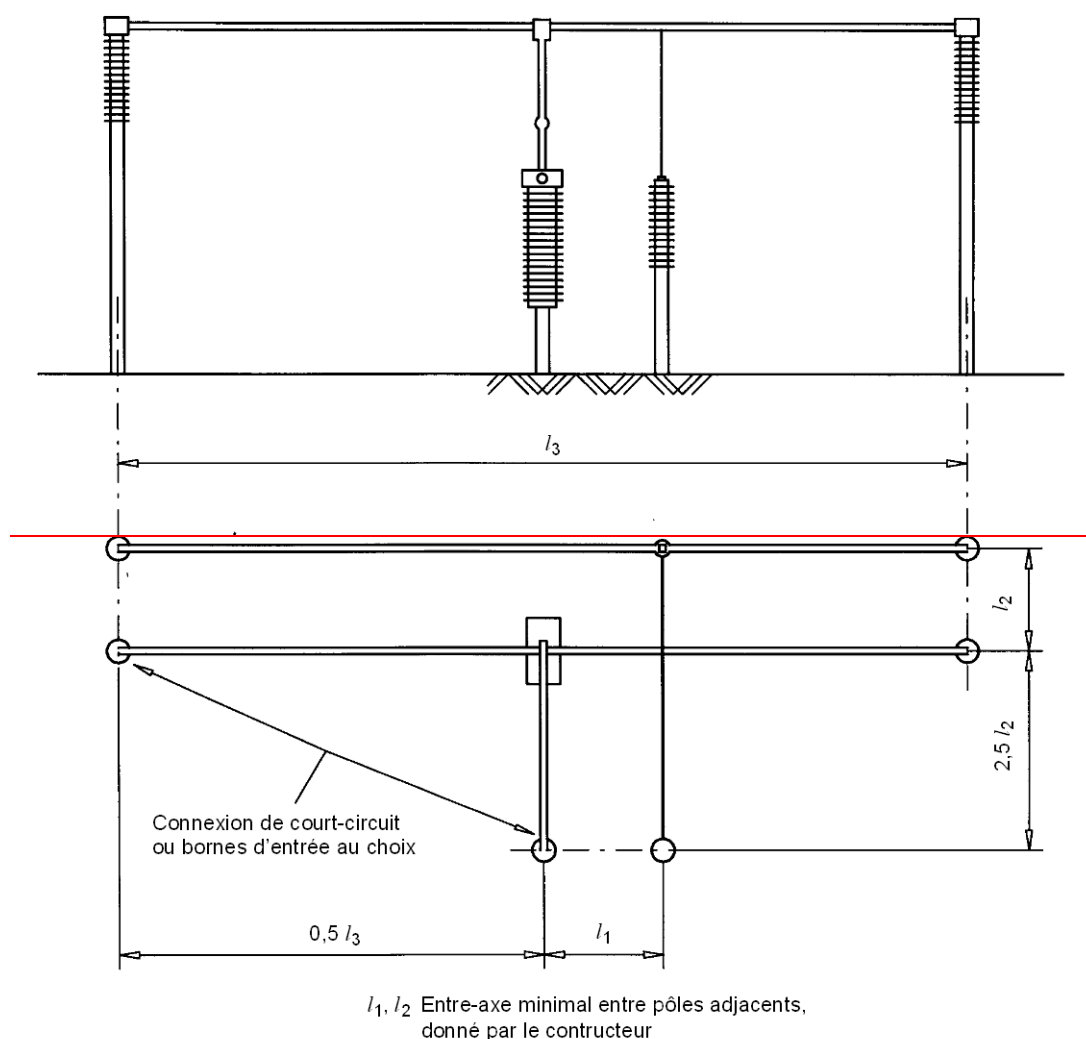
A moins que le sectionneur ou le sectionneur de terre à l'essai ne soit solidement fixé sur les fondations, la constante d'élasticité du support doit être prise en considération (CEI 60865-1).

Le rapport ou le certificat d'essai doit fournir des détails clairs sur les dispositions de montage utilisées en essais ou mentionner que le sectionneur était solidement fixé sur les fondations.

NOTE 1 Il convient de s'assurer que des efforts non représentatifs des conditions de service ne sont pas introduits par les connexions à la source d'essai et que les efforts statiques sur les bornes ne sont pas plus importants que les efforts statiques assignés pour l'appareillage en essai.

NOTE 2 En principe, la figure 5 s'applique aussi pour l'essai des sectionneurs de terre intégrés, le conducteur de terre étant disposé de façon appropriée.

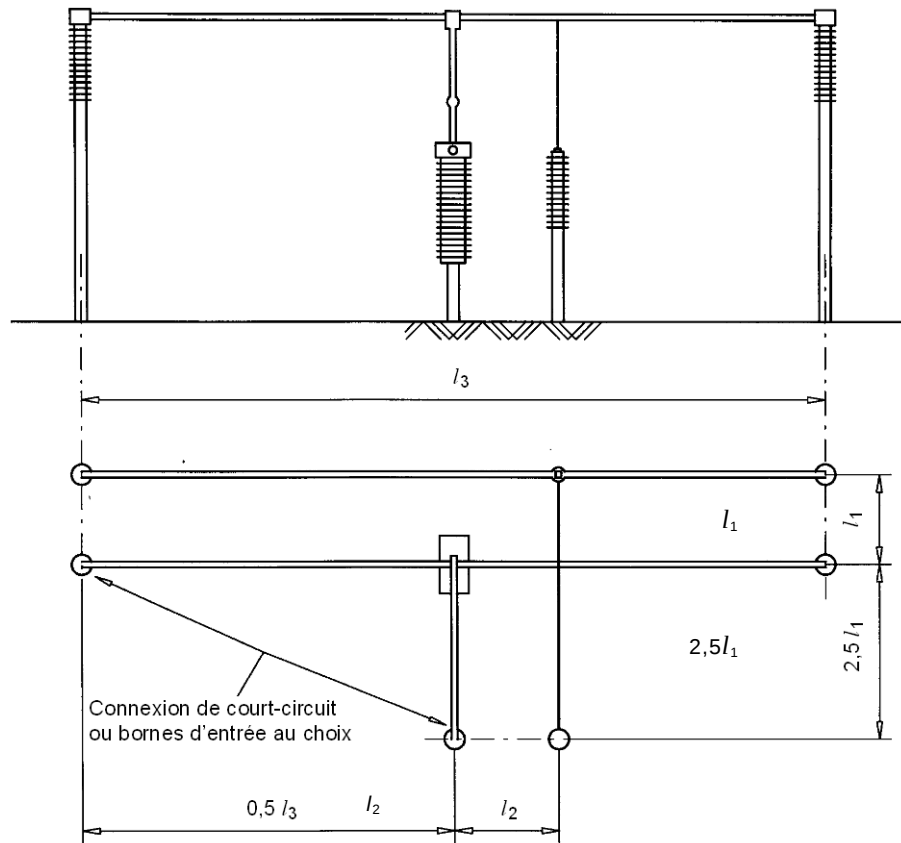
NOTE 3 Si dans le montage d'essai, le côté court du conducteur inférieur ne peut être fixé sur un support, il peut être supporté par le sectionneur. Cela peut conduire à des efforts dynamiques plus importants sur les bornes.



l_1, l_2 — entre-axe minimal entre pôles adjacents, donné par le constructeur

$l_3 \geq 4 l_1$ pour $U_r \leq 145$ kV

$l_3 = 20 \text{ m} \pm 10 \%$ pour $U_r \geq 170$ kV



l_1, l_2 entre-axe minimal entre pôles adjacents,
donné par le constructeur

IEC 211/13

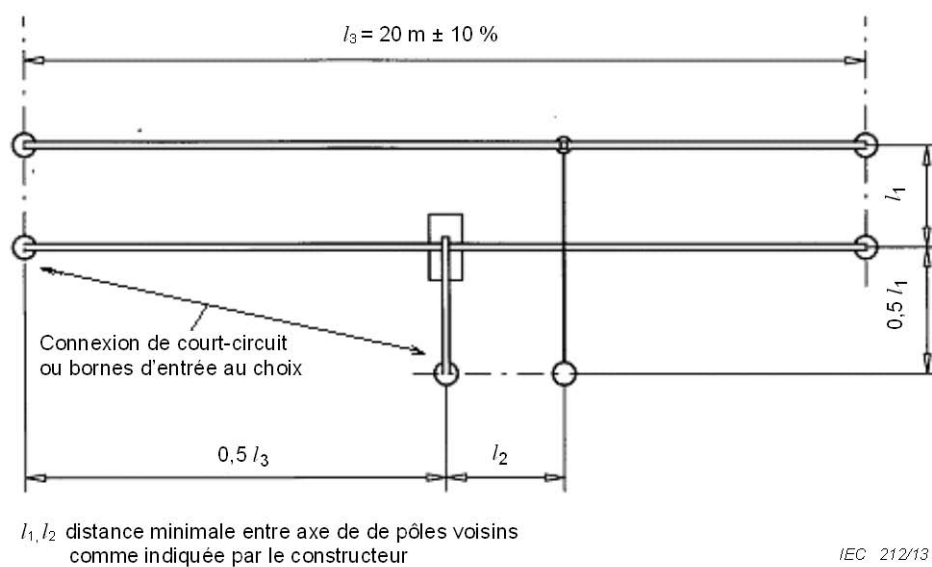
Pour $U_r \leq 145$ kV

$l_3 \geq 4 l_1$

Pour $U_r \geq 170$ kV

$l_3 = 20 \text{ m} \pm 10 \%$

a) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée 52 kV à 550 kV

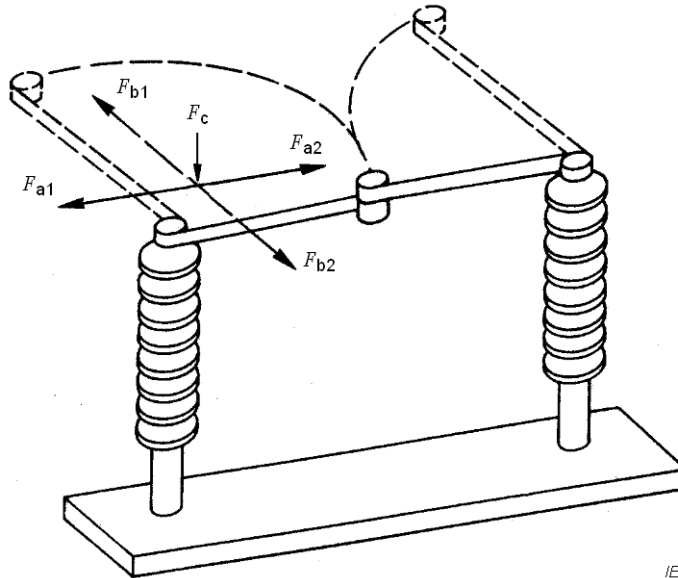


b) Disposition d'essai pour sectionneurs de tension assignée supérieure à 550 kV

Figure 6 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) à distance de sectionnement verticale et de tensions assignées supérieures ou égales à 52 kV, prévus pour être utilisés avec des conducteurs rigides

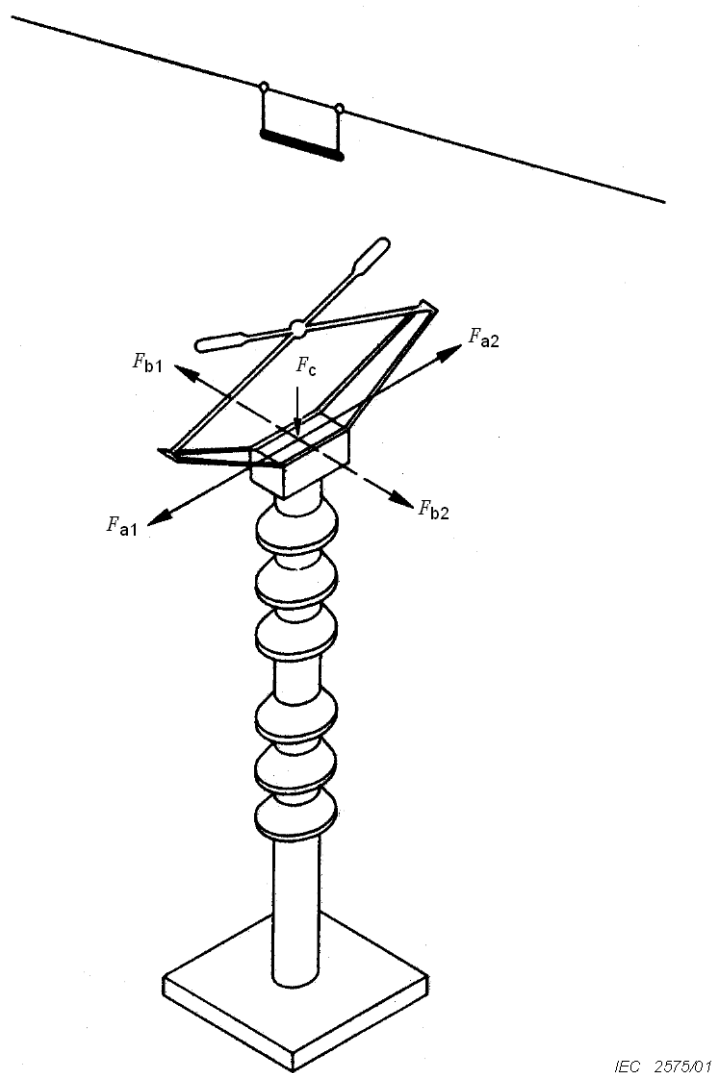
A moins que le sectionneur ou le sectionneur de terre ne soit solidement fixé sur les fondations, la constante d'élasticité du support doit être prise en considération (CEI 60865-1).

Le rapport ou le certificat d'essai doit fournir des détails clairs sur les dispositions de montage utilisées en essais ou mentionner que le sectionneur était solidement fixé sur les fondations.



IEC 2574/01

Figure 7 – Exemple d'application des efforts mécaniques assignés sur les bornes d'un sectionneur à deux colonnes



NOTE Le contact fixe est montré au dessus du pantographe.

Figure 8 – Exemple d'application des efforts mécaniques assignés sur les bornes d'un sectionneur pantographe

Annexe A (normative)

Conception et essais des dispositifs indicateur de position

A.1 Généralités

Cette annexe concerne les sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif utilisant un dispositif indicateur de position comme variante à la visualisation de la distance de sectionnement.

NOTE Conformément à 5.104.3, un dispositif indicateur de position fiable peut être utilisé pour indiquer la position de chaque contact mobile assurant la distance de sectionnement d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, si cette distance de sectionnement n'est pas visible.

En complément à ce document, la CEI 60298, la CEI 60265-1, la CEI 60265-2, la CEI 60466 et la CEI 60517 acceptent en variante à la distance de sectionnement visible, que la position des contacts mobiles soit indiquée par un dispositif indicateur de position fiable.

Le but de cette annexe est de définir les exigences de conception ainsi que les essais de type nécessaires lorsque le dispositif indicateur de position des contacts mobiles des sectionneurs ou sectionneurs de terre est raccordé par une liaison mécanique.

Les exigences complémentaires de conception et d'essais suivantes doivent être remplies de telle sorte que le dispositif indicateur puisse être considéré comme fiable.

A.2 Conditions de service normales et spéciales

L'article 2 de cette norme est applicable.

A.3 Définitions

Pour les besoins de cette annexe, l'article 3 de cette norme est applicable avec les compléments indiqués ci-dessous.

A.3.5.111

chaîne cinématique de puissance

dispositif de liaison mécanique entre le mécanisme de commande, mécanisme de commande inclus et les contacts mobiles, contacts mobiles inclus (figure A.1)

A.3.5.112

chaîne cinématique de l'indicateur de position

dispositif de liaison mécanique entre les contacts mobiles, contacts mobiles inclus et le dispositif indicateur de position, indicateur de position inclus

A.3.5.113

point de connexion

point le plus en amont des parties communes entre les chaînes cinématiques «puissance» et «indicateur de position»

A.3.5.114
point d'ouverture

point accessible le plus près en amont du point de connexion où la chaîne cinématique de puissance peut être ouverte

A.3.5.115
dispositif limiteur de contrainte

dispositif limitant à une valeur spécifiée le couple transmis coté aval du dispositif, indépendamment du couple appliqué coté amont

A.4 Valeurs assignées

L'article 4 de cette norme est applicable.

A.5 Conception et réalisation

L'article 5 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

A.5.104.3.1 Dispositif indicateur de position fiable

La chaîne cinématique du dispositif indicateur de position doit être conçue avec une tenue mécanique suffisante respectant les exigences des essais de type spécifiés. La chaîne cinématique de l'indicateur de position doit être une liaison mécanique continue permettant d'assurer une manœuvre positive. Le dispositif indicateur de position peut être marqué directement sur une partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance par des moyens appropriés. Le dispositif limiteur de contrainte, s'il existe, ne doit pas faire partie de la chaîne cinématique de l'indicateur de position.

A.6 Essais de type

L'article 6 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

A.6.105 Essais pour vérifier le fonctionnement propre du dispositif indicateur de position

En plus des essais de type spécifiés dans l'article 6 de cette norme, pendant lesquels le fonctionnement correct du dispositif indicateur de position doit être vérifié, l'équipement doit réussir l'un des essais selon A.6.105.1 ainsi que l'essai selon A.6.105.2 correspondant au type du dispositif de coupure.

L'effort/couple mesuré pendant les essais est l'effort F_m ou le couple T_m transmis au travers du point d'ouverture, de la partie amont à la partie aval de la chaîne cinématique de puissance. L'effort/couple appliqué par le mécanisme de commande est mesuré lors d'une tentative de manœuvre tout en maintenant la chaîne cinématique de puissance dans la position correspondant aux positions suivantes:

- pour les sectionneurs: la position «Fermé» avec le contact mobile verrouillé;
- pour les sectionneurs de terre: la position «Ouvert» avec le contact mobile verrouillé.

Dans le cas d'un dispositif de coupure multipolaire, seul le contact mobile du pôle le plus éloigné de la chaîne cinématique de puissance est verrouillé.

A.6.105.1 Essais de la chaîne cinématique de puissance**A.6.105.1.1 Sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure sans dispositif limiteur de contrainte.**

Mécanisme de commande électrique, hydraulique et pneumatique.

L'essai doit être réalisé conformément à la procédure suivante (voir figure A.1)

- la chaîne cinématique est ouverte au point d'ouverture;
- le mécanisme de commande est alimenté à 110 % de sa tension assignée ou pression assignée donnée en 4.8 et 4.10 de la CEI 60694 et l'effort (F_m) ou le couple (T_m) résultant est mesuré au point d'ouverture après une commande d'ouverture ou de fermeture donnée au mécanisme.
- un effort de $1,5 F_m$ ou un couple de $1,5 T_m$ est appliqué au point d'ouverture de la chaîne cinématique de puissance en aval du point d'ouverture, le sectionneur ou sectionneur de terre étant dans sa position d'essai correspondante.

Résultats d'essai: voir A.6.105.3.

NOTE Le mécanisme de commande lui-même peut être utilisé pour appliquer 1,5 fois l'effort/couple maximal.

A.6.105.1.2 Sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre manuelle dépendante sans dispositif limiteur de contrainte

L'essai devra être réalisé conformément à la procédure suivante:

- le sectionneur ou sectionneur de terre est placé dans la position d'essai;
- un effort de 750 N est appliqué à mi longueur de la partie préhensile de la poignée du mécanisme de commande;

Résultats d'essai: voir A.6.105.3.

NOTE Dans le cas d'un appareil de coupure avec les deux types de mécanismes correspondants à A.6.105.1.1 et A.6.105.1.2, l'effort/couple à appliquer au point d'ouverture doit être la valeur la plus grande.

A.6.105.1.3 Sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre indépendante, à source d'énergie ~~extérieure~~/manuelle avec dispositif limiteur de contrainte

L'essai doit être réalisé conformément à la procédure suivante:

- la chaîne cinématique de puissance est ouverte au point d'ouverture;
- l'effort F_m ou le couple T_m transmis par le dispositif limiteur de contrainte est mesuré en amont du point d'ouverture pendant la tentative de manœuvre de l'appareil soit par la commande de puissance ou manuellement, jusqu'au fonctionnement du dispositif limiteur de contrainte. Le mécanisme de commande est alimenté à 110 % de sa tension assignée ou pression assignée donnée en 4.8 et 4.10 de la CEI 60694, ou dans le cas d'un mécanisme à commande manuelle, un effort permettant le fonctionnement du dispositif limiteur de contrainte avec un maximum de 750 N est appliqué à mi-longueur de la partie préhensile de la poignée du mécanisme de commande
- un effort de $1,5 F_m$ ou un couple de $1,5 T_m$ est appliqué au point d'ouverture de la chaîne cinématique de puissance en aval du point d'ouverture, le sectionneur ou le sectionneur de terre étant dans sa position d'essai correspondante.

Résultats d'essai: voir A.6.105.3

A.6.105.1.4 Sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre indépendante à source d'énergie à moteur/manuelle fonctionnant par déclenchement des dispositifs d'accrochage, sans dispositif limiteur de contrainte

L'essai doit être réalisé conformément à la procédure suivante:

- la chaîne cinématique de puissance est ouverte au point d'ouverture;
 - l'énergie de manœuvre est stockée dans le mécanisme;
- NOTE L'énergie peut être stockée dans le mécanisme de commande aussi bien à la main que par moteur.
- le mécanisme reçoit un ordre de commande d'ouverture ou de fermeture et l'effort F_m ou le couple T_m résultant est mesuré au point d'ouverture;
 - un effort de $1,5 F_m$ ou un couple de $1,5 T_m$ est appliqué au point d'ouverture de la chaîne cinématique de puissance en aval du point d'ouverture, le sectionneur ou sectionneur de terre étant dans sa position d'essai correspondante.

Résultats d'essai : voir A.6.105.3.

A.6.105.1.5 Sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre indépendante à source d'énergie à moteur/manuelle avec ou sans dispositif limiteur de contrainte

L'essai doit être réalisé conformément à la procédure suivante:

- la chaîne cinématique de puissance est ouverte au point d'ouverture;
- le dispositif de commande est alimenté à 110 % de sa tension assignée ou pression assignée donnée en 4.8 et 4.10 de la CEI 60694 et l'effort F_m ou le couple T_m transmis est mesuré au point d'ouverture;

NOTE 1 En fonction du type de mécanisme, l'énergie nécessaire à la commande d'ouverture ou de fermeture peut préalablement être stockée dans le mécanisme avant d'être libérée dans la chaîne cinématique de puissance.

- dans le cas d'un mécanisme à commande manuelle, un effort de 750 N sera appliqué à mi-longueur de la partie préhensile de la poignée de manœuvre et l'effort F_m^* ou le couple T_m^* transmis, mesuré au point d'ouverture du mécanisme de commande;

NOTE 2 En fonction du type de mécanisme, l'énergie nécessaire à la commande d'ouverture ou de fermeture peut préalablement être stockée dans le mécanisme avant d'être libérée dans la chaîne cinématique de puissance.

- un effort de $1,5 F_m^*$ ou un couple de $1,5 T_m^*$, celui qui est le plus élevé lorsque les deux commandes motorisée et manuelle sont fournies, est appliqué au point d'ouverture de la chaîne cinématique de puissance en aval du point d'ouverture, le sectionneur ou sectionneur de terre étant dans sa position d'essai correspondante.

Résultats d'essai: voir A.6.105.3.

A.6.105.2 Essai sur la chaîne cinématique de l'indicateur de position

Lorsque le dispositif indicateur de position est directement marqué sur une partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance, aucun essai n'est requis.

Lorsque la partie de la chaîne cinématique de l'indicateur de position entre la chaîne cinématique de puissance et l'indicateur de position est, pendant le fonctionnement, à l'intérieur d'une enveloppe ayant un degré de protection minimal IP2XC, conformément à la CEI 60529, et qui a réussi l'essai d'impact mécanique correspondant au 6.7.2 de la CEI 60694 avec une énergie de 2 J, aucun essai supplémentaire n'est exigé mais les remarques suivantes doivent être prises en considération.

Les coups seront appliqués aux endroits de l'enveloppe susceptibles d'être les plus fragiles pour ce qui concerne la protection de la chaîne cinématique de l'indicateur de position et du dispositif indicateur de position.

Dans tous les autres cas, un essai doit être réalisé en bloquant le dispositif indicateur de position en guise de contact mobile.

Résultats d'essai: voir A.6.105.3

A.6.105.3 Sanctions des essais

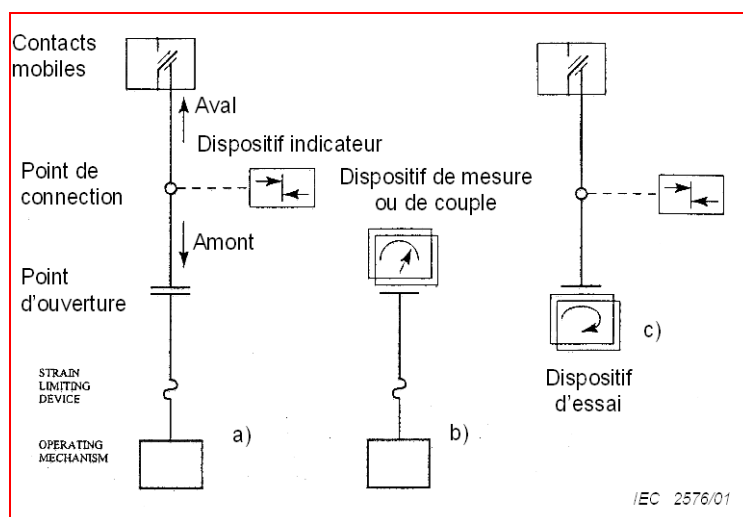
Chaque essai est considéré comme satisfaisant si:

- après l'essai, le dispositif indicateur de position indique correctement la position des contacts mobiles;
- il n'est constaté aucune déformation permanente de la chaîne cinématique de l'indicateur de position. Si une déformation ou rupture est constatée dans la chaîne cinématique de puissance en amont du point de connexion, il est admis de remplacer des composants pour permettre de terminer les manœuvres requises. Cela doit être consigné dans le rapport d'essai de type.

A.7 Essais individuels de série

L'article 7 est applicable avec le complément suivant:

Pendant les essais de fonctionnement mécanique, il doit être vérifié que le dispositif indicateur de position indique correctement la position Ouvert et Fermé des contacts mobiles.



Légende

- chaîne cinématique de puissance
 - - - - - chaîne cinématique de l'indicateur de position
- (a) Schéma de principe de connexion mécanique
 (b) Phase de mesure (sauf A.6.105.1.2)
 (c) Phase d'essai (sauf A.6.105.1.2)

NOTE Le sens amont est dirigé vers la source d'énergie, le sens aval est dirigé vers les contacts.

Figure A.1 – Dispositif indicateur de position

Annexe B (normative)

Transfert de barres par les sectionneurs

B.1 Généralités

Cette annexe s'applique aux sectionneurs à courant alternatif de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV, aptes à couper des courants de transfert de barres.

NOTE Les sectionneurs de tension assignée inférieure à 52 kV font également des manœuvres de transfert de barres; il n'est cependant généralement pas nécessaire de fixer des caractéristiques assignées ni d'effectuer des essais de type. Des essais peuvent être faits par accord entre utilisateur et constructeur.

L'objet de cette annexe est d'établir des prescriptions de coupure ainsi que des méthodes d'essais spécifiques applicables aux sectionneurs utilisés pour transférer des courants de charge d'un jeu de barres à un autre. Pour cette utilisation, on a besoin d'un sectionneur ayant un pouvoir de coupure et de fermeture dépendant de l'importance de la charge transférée, de l'étendue de la boucle entre la travée de couplage des jeux de barres et du sectionneur à manœuvrer.

B.2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de cette norme est applicable.

B.3 Définitions

Pour les besoins de la présente annexe, l'article 3 de cette norme est applicable avec les compléments qui suivent.

B.3.7.124

courant de transfert de barres

courant qu'un sectionneur est capable d'interrompre ou d'établir lorsqu'une charge est transférée d'un jeu de barres vers un autre

B.3.7.125

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

B.3.7.126

courant assigné de transfert de barres

courant de transfert de barres maximal que le sectionneur est capable d'interrompre et d'établir sous la tension assignée de transfert de barres

B.3.7.127

tension assignée de transfert de barres

tension de transfert de barres maximale sous laquelle le sectionneur doit être capable d'établir et d'interrompre le courant assigné de transfert de barres

B.4 Caractéristiques assignées

L'article 4 est applicable avec les compléments suivants:

Il convient de choisir les caractéristiques assignées complémentaires pour les sectionneurs utilisés pour le transfert de barres parmi les caractéristiques suivantes:

B.4.106.1 Pouvoir de coupure assigné de transfert de barres

Le pouvoir de coupure assigné de transfert de barres, pour les sectionneurs à isolement dans l'air ou à isolation gazeuse, doit être égal à 80 % du courant assigné en service continu. Normalement il ne dépassera pas la valeur de 1 600 A, quel que soit le courant assigné en service continu.

NOTE 1 La valeur maximale de 1 600 A a été retenue comme valeur du courant maximal généralement susceptible d'être transféré, bien que le courant assigné en service continu puisse être notablement plus grand. Le choix d'un sectionneur est couramment dicté par ses caractéristiques assignées de tenue aux courants de courte durée autant que par son courant assigné en service continu. Le courant maximal effectif en service continu peut alors être beaucoup plus faible que le courant assigné en service continu. Le constructeur peut assigner au pouvoir de coupure de transfert de barres une valeur supérieure à 1 600 A ou à 80 % du courant en service continu.

Pour les tensions assignées de 1 100 kV et de 1 200 kV le courant assigné de transfert de barres pour les sectionneurs à isolement dans l'air et les sectionneurs à isolation gazeuse doit représenter 80 % du courant normal assigné, sans limite supérieure.

NOTE 2 Les courants assignés de transfert de barres supérieurs à 80 % du courant normal assigné peuvent être attribués par le fabricant.

B.4.106.2 Tension assignée de transfert de barres

Les tensions assignées de transfert de barres sont données au tableau B.1. D'autres valeurs peuvent être assignées par le constructeur.

Tableau B.1 – Tensions assignées de transfert de barres pour les sectionneurs

Tension assignée U_r kV	Sectionneurs à isolement dans l'air V eff	Sectionneurs à isolation gazeuse V eff
52 72,5 100 123 145 170	100	10
245 300 362	200	20
420	300	40
550 800		
1 100 1 200	750	130

B.5 Conception et construction

L'article 5 est applicable avec le complément qui suit.

B.5.10 Plaques signalétiques

Le pouvoir de coupure assigné de transfert de barres doit être indiqué sur la plaque signalétique des sectionneurs aptes à établir et à interrompre des courants de transfert de barres

B.6 Essais de type

L'article 6 est applicable avec les compléments qui suivent.

En complément des essais de type spécifiés à l'article 6 de cette norme, un sectionneur ayant un pouvoir de coupure assigné de transfert de barres doit être soumis à des essais d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres.

NOTE Un essai de type individuel n'a pas besoin d'être répété, suite au changement d'un détail constructif, si le constructeur peut démontrer que ce changement n'influence pas les résultats de cet essai individuel. Cela signifie que des dispositifs de coupure d'une conception donnée peuvent être utilisés avec d'autres sectionneurs sans avoir à répéter les essais de type si le constructeur peut prouver que le dispositif de coupure de courant de transfert de barres peut manœuvrer avec d'autres sectionneurs de la même façon qu'avec le sectionneur ayant réalisé les essais de type. On doit considérer que le pouvoir de coupure de courant de transfert de barres dépend seulement des caractéristiques du circuit d'essai et de la vitesse de manœuvre, et non pas des caractéristiques diélectriques ou des courants assignés du sectionneur.

B.6.106 Essais d'établissement et de coupure

B.6.106.1 Disposition pour les essais

Le sectionneur en essai doit être monté complètement sur son propre support ou sur un support équivalent. Son dispositif de manœuvre doit être actionné dans les conditions spécifiées et en particulier si le dispositif de manœuvre est à commande électrique ou pneumatique, il doit être alimenté, respectivement, sous sa tension minimale ou sa pression minimale.

Avant d'entreprendre les essais d'établissement et de coupure, il faut effectuer des manœuvres à vide en enregistrant les caractéristiques fonctionnelles du sectionneur, telles que la vitesse de déplacement des contacts, les durées de fermeture et d'ouverture.

Les sectionneurs à isolation gazeuse doivent être essayés à leur masse volumique minimale de gaz.

Les sectionneurs à commande manuelle peuvent être manœuvrés à distance, au moyen d'une commande à source d'énergie extérieure telle que l'on obtienne des vitesses de manœuvre équivalentes à celles données par la commande manuelle.

NOTE 1 Il est recommandé de faire des essais pour démontrer qu'un sectionneur à commande manuelle fonctionnera correctement à la vitesse minimale possible spécifiée par le constructeur.

Il doit être tenu compte des effets de l'alimentation du sectionneur par chacune de ses bornes. Quand les dispositions matérielles d'un côté du sectionneur diffèrent de celles de l'autre côté, l'extrémité d'alimentation du circuit d'essai doit être reliée au côté du sectionneur dont le raccordement présente les conditions les plus sévères. En cas de doute, 50 % des essais d'établissement et de coupure doivent être faits en alimentant le sectionneur d'un côté et 50 % en l'alimentant de l'autre côté.

Seuls des essais monophasés sur un seul pôle d'un sectionneur tripolaire sont nécessaires à condition que le pôle ne soit pas placé dans une condition plus favorable que le sectionneur tripolaire complet en ce qui concerne

- la vitesse de fermeture;
- la vitesse d'ouverture;
- l'influence des pôles adjacents.

NOTE 2 Les essais sur un seul pôle conviennent pour établir les performances d'établissement et de coupure d'un sectionneur, à condition de démontrer que toute la durée et le développement de l'arc sont tels qu'il ne risque pas d'atteindre une phase adjacente. Si un essai sur un pôle montre que ce risque existe, il convient de faire des essais triphasés en respectant la disposition particulière du sectionneur.

B.6.106.2 Mise à la terre du circuit d'essai et du sectionneur

Le châssis du sectionneur doit être relié à la terre. Le circuit d'essai doit être relié à la terre comme indiqué à la figure B.1. Pour les sectionneurs à isolation gazeuse, il peut être nécessaire d'adopter un circuit d'essai différent, voir B.6.106.6.

B.6.106.3 Fréquence d'essai

Les sectionneurs doivent de préférence être essayés à leur fréquence assignée; toutefois, par commodité, les essais peuvent être faits à 50 Hz ou à 60 Hz en étant considérés comme équivalents.

B.6.106.4 Tension d'essai

La tension d'essai doit être choisie pour obtenir aux bornes du sectionneur ouvert la tension assignée de transfert de barres ($+10\%$ / -0%) indiquée au tableau B.1.

La tension doit être mesurée immédiatement après l'interruption du courant.

Comme indiqué en 6.106.1, seuls des essais unipolaires sont exigés normalement. Si des essais tripolaires sont exigés, la tension d'essai dans chaque phase ne doit pas différer de la moyenne des tensions d'essai de plus de 10 %.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,3 s après l'interruption du courant.

B.6.106.5 Courant d'essai

Le courant d'essai doit être égal au pouvoir de coupure assigné de transfert de barres ($+10\%$ / -0%) comme défini en B.3.106.3. Le courant d'essai doit être mesuré avant la manœuvre du sectionneur.

Le courant à couper doit être symétrique avec un décrétement négligeable. Les contacts du sectionneur ne doivent pas se séparer avant disparition de la composante transitoire due à la fermeture du circuit.

En cas d'essais tripolaires, le courant d'essai est égal à la moyenne des courants dans les trois pôles, aucun des trois courants ne devant différer de la moyenne de plus de 10 %.

B.6.106.6 Circuits d'essai

Les essais peuvent être effectués sur site ou en laboratoire. En laboratoire, les circuits d'essai A et B (voir figure B.1) doivent avoir un facteur de puissance inférieur ou égal à 0,15. L'un ou l'autre de ces circuits peut être utilisé à la discrétion de la station d'essai.

Les valeurs des grandeurs caractéristiques du circuit, U_{BT} and Z_{BT} , sont choisies pour obtenir le courant d'essai et la tension de rétablissement à fréquence industrielle nécessaires.

Si des essais tripolaires sont exigés, le circuit d'essai triphasé doit comporter dans chaque phase les mêmes éléments que le circuit d'essai monophasé en vue d'obtenir les tensions et les courants d'essai appropriés. Le neutre du circuit d'alimentation doit être mis à la terre.

NOTE 1 D'autres circuits d'essai donnant les tensions et les courants d'essai spécifiés ainsi que les paramètres convenables de tension transitoire de rétablissement (TTR) peuvent être utilisés.

NOTE 2 Pour les sectionneurs à isolation gazeuse, l'intégrité de l'isolation à la terre lors de la manœuvre d'établissement et de coupure de courant, n'est normalement pas mise en cause. En cas de doute, des essais peuvent être effectués en appliquant la tension assignée phase-terre du sectionneur à l'enveloppe. Une source de tension séparée peut être utilisée.

NOTE 3 Sur site, il peut être impossible de respecter les tolérances exigées sur les tensions et courants d'essai. Ces exigences peuvent être levées par accord constructeur et utilisateur.

La forme d'onde de la TTR présumée doit en principe être triangulaire à cause de l'impédance d'onde du jeu de barres en réseau. On peut cependant utiliser, pour la commodité des essais, une tension transitoire de rétablissement de forme $(1 - \cos)$, de fréquence au moins égale à 10 kHz et de facteur d'amplitude présumée au moins égal à 1,5.

NOTE 4 Des éléments de contrôle de la TTR peuvent être ajoutés au circuit d'essai.

NOTE 5 La tension d'arc du sectionneur en essai est généralement assez élevée par rapport à la tension d'essai. Il en résulte un amortissement notable de la TTR ainsi qu'une remise en phase presque complète du courant d'essai avec la tension d'essai. En conséquence, les paramètres de la TTR (vitesse d'accroissement et valeur de crête) ne sont pas significatifs et une spécification détaillée n'en est pas exigée.

B.6.106.7 Séquences d'essai

Cent cycles d'établissement-coupure doivent être effectués.

NOTE Ces 100 cycles ne sont pas considérés comme suffisants pour démontrer une endurance électrique, mais ils donnent des indications sur l'érosion des contacts.

La manœuvre d'ouverture doit suivre la manœuvre de fermeture avec un retard suffisant pour que tout courant transitoire éventuel ait disparu.

Les essais doivent être effectués sans remise en état du sectionneur pendant le programme d'essai.

B.6.106.8 Comportement du sectionneur pendant les essais

Le sectionneur doit fonctionner correctement sans présenter de signe exagéré de fatigue mécanique ou électrique.

L'émission de flammes ou de particules métalliques hors du sectionneur est acceptable si cela ne réduit pas son niveau d'isolement ni ne peut être dangereux pour un opérateur local ou d'autres personnes à proximité.

B.6.106.9 Etat du sectionneur après les essais

Les fonctions mécaniques et l'isolation du sectionneur doivent être pratiquement dans le même état qu'avant les essais. Le sectionneur doit être capable de supporter son courant assigné en service continu sans que les échauffements ne dépassent les valeurs spécifiées.

Une usure mécanique et une érosion des contacts par l'arc sont acceptables tant qu'elles restent compatibles avec la durée de vie escomptée du sectionneur. La qualité du matériau éventuellement utilisé pour la coupure de l'arc peut être altérée et la quantité en être réduite au-dessous de la quantité normale. Il peut y avoir des dépôts sur les isolateurs provenant de la décomposition du milieu extincteur.

Les caractéristiques d'isolement du sectionneur en position d'ouverture ne doivent pas être réduites au-dessous des valeurs correspondant à une usure et un vieillissement normal, par suite d'une détérioration des parties isolantes.

Le contrôle visuel et la manœuvre hors charge du sectionneur après les essais sont habituellement suffisants pour contrôler les prescriptions ci-dessus. En cas de doute, des essais de confirmation appropriés peuvent être nécessaires.

En cas de doute sur les caractéristiques d'isolement, il convient de faire un essai de contrôle conformément à 6.2.11 de la CEI 60694 pour vérifier ces caractéristiques.

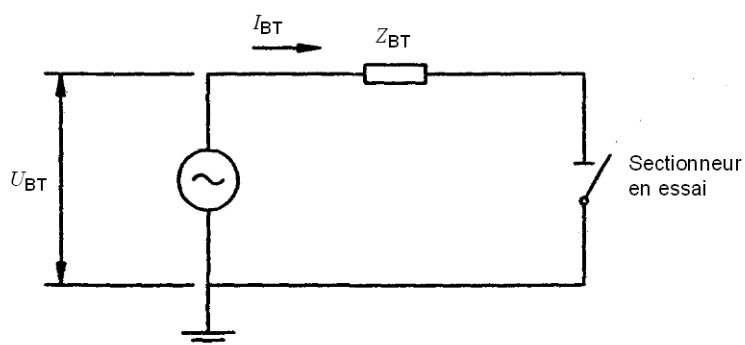
B.6.106.10 Rapports des essais de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des rapports d'essais contenant des données suffisantes pour prouver la conformité à la présente norme. Il convient d'inclure des renseignements suffisants pour pouvoir identifier les parties essentielles du sectionneur essayé.

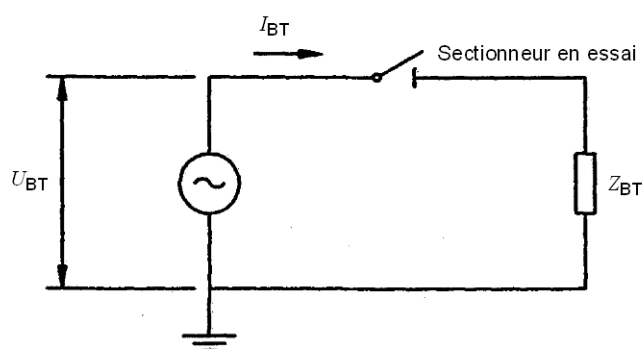
Les rapports d'essais doivent contenir les documents et les renseignements suivants:

- a) enregistrements oscillographiques ou similaires des essais réalisés (au moins un oscillogramme pour chaque dizaine de manœuvres);
- b) description du circuit d'essai;
- c) valeurs des courants d'essai;
- d) valeurs des tensions d'essai;
- e) valeurs des tensions de rétablissement à fréquence industrielle;
- f) valeurs des tensions transitoires de rétablissement présumées;
- g) valeurs des durées d'arc;
- h) nombre de manœuvres d'établissement et de coupure;
- i) mention de l'état des contacts après les essais (voir B.6.106.9)

Il convient d'inclure des renseignements généraux concernant la structure support du sectionneur et de noter, s'il y a lieu, les durées de manœuvre du sectionneur et le type des dispositifs de manœuvre utilisés pendant les essais.



Circuit d'essai A



Circuit d'essai B

IEC 2577/01

Légende

I_{BT} = courant assigné de transfert de barres = U_{BT} / Z_{BT}

Figure B.1 – Circuits pour les essais d'établissement et de coupure de courants de transfert de barres

Annexe C **(normative)**

Etablissement et coupure de courants induits par les sectionneurs de terre

C.1 Généralités

La présente annexe s'applique aux sectionneurs de terre à courant alternatif, de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV aptes à établir et couper des courants induits.

NOTE L'établissement et la coupure de courant induit par les sectionneurs de terre de tension assignée inférieure à 52 kV sont demandés de façon occasionnelle; il n'est cependant généralement pas nécessaire de fixer des caractéristiques assignées ni d'effectuer des essais de type. Des essais peuvent être faits par accord entre utilisateur et constructeur.

L'objet de cette annexe est de normaliser les prescriptions pour la manœuvre des sectionneurs de terre destinés à la mise à la terre des lignes de transport. Dans le cas de lignes aériennes à plusieurs circuits, des courants induits peuvent circuler dans les circuits hors tension par couplage capacitif et inductif avec les circuits adjacents sous tension. Les sectionneurs de terre utilisés sur ces lignes doivent donc être aptes à supporter les conditions de service suivantes:

- établir et couper un courant capacitif quand le sectionneur de terre est manœuvré à l'extrémité d'un circuit dont l'autre extrémité est ouverte;
- établir et couper un courant inductif quand le sectionneur de terre est manœuvré à l'extrémité d'un circuit dont l'autre extrémité est à la terre;
- supporter en permanence ces courants capacitifs et inductifs.

C.2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de cette norme est applicable.

C.3 Définitions

L'article 3 de cette norme est applicable avec les compléments suivants.

C.3.4.105.4

sectionneur de terre de classe A

sectionneur de terre pour utilisation sur des portions de lignes relativement courtes ou ayant de faibles coefficients de couplage avec les lignes adjacentes sous tension

C.3.4.105.5

sectionneur de terre de classe B

sectionneur de terre pour utilisation sur des portions de lignes relativement longues ou ayant de forts coefficients de couplage avec les lignes adjacentes sous tension

NOTE Les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture (classe E1 ou E2) qui appartiennent à la Classe A ou B auront une désignation combinée, par exemple A+E1, B+E2, etc.

C.3.7.128

courant d'induction électromagnétique

courant inductif qu'un sectionneur de terre est capable d'établir ou d'interrompre, lorsqu'il connecte à la terre, ou déconnecte de la terre, l'extrémité d'une ligne hors tension dont l'autre extrémité est à la terre, et à proximité d'une ligne parallèle sous tension et en charge

NOTE 1 Le courant inductif dans un circuit de ligne hors tension mis à la terre à ses deux extrémités dépend du courant dans le circuit sous tension et du coefficient de couplage entre les circuits déterminé par leur disposition sur les pylônes.

NOTE 2 La tension inductive aux bornes d'un sectionneur de terre en position d'ouverture à l'extrémité d'un circuit de ligne dont l'autre extrémité est à la terre, dépend du courant dans le circuit sous tension, du coefficient de couplage entre les circuits déterminé par leur disposition sur les pylônes, et de la longueur de la portion de circuit à la terre à proximité de la ligne sous tension.

C.3.7.129

courant d'induction électrostatique

courant capacitif qu'un sectionneur de terre est capable d'établir ou d'interrompre, lorsqu'il connecte à la terre, ou déconnecte de la terre, l'extrémité d'une ligne hors tension dont l'autre extrémité est ouverte, et à proximité d'une ligne parallèle sous tension et en charge

NOTE 1 Le courant capacitif dans un circuit de ligne hors tension mis à la terre à une extrémité dépend de la tension du circuit sous tension, du coefficient de couplage entre les circuits déterminé par leur disposition sur les pylônes, et de la longueur entre l'extrémité mise à la terre et l'extrémité ouverte du circuit de ligne à la terre.

NOTE 2 La tension capacitive aux bornes d'un sectionneur de terre en position d'ouverture à l'extrémité d'un circuit de ligne dont l'autre extrémité est ouverte, dépend de la tension du circuit sous tension et du coefficient de couplage entre les circuits, déterminé par leur disposition sur les pylônes.

C.4 Caractéristiques assignées

L'article 4 de cette norme est applicable avec les compléments suivants.

Il peut être nécessaire d'assigner aux sectionneurs de terre de tension assignée égale ou supérieure à 52 kV des pouvoirs de coupure et des tensions d'induction. Suivant la sévérité des conditions d'utilisation, les sectionneurs de terre sont divisés en deux classes A et B (voir C.3.102.5.4 et C.3.102.5.5).

C.4.107.1 Pouvoir de coupure assigné d'induction

Des valeurs distinctes de courant d'induction électromagnétique et d'induction électrostatique doivent être assignés.

Le courant assigné d'induction est le courant maximal que le sectionneur de terre est capable d'établir et d'interrompre sous la tension assignée d'induction.

La tension assignée d'induction est la tension maximale à fréquence industrielle sous laquelle le sectionneur de terre est capable d'établir et d'interrompre le courant assigné d'induction.

Les courants assignés d'induction pour les deux classes de sectionneurs de terre sont données dans le tableau C.1.

Le sectionneur de terre doit être capable de supporter un courant égal au courant assigné d'induction (voir C.6.5).

Tableau C.1 – Valeurs normalisées des courants assignés d'induction et des tensions assignées d'induction pour les sectionneurs de terre

Tension assignée U_r kV	Couplage électromagnétique				Couplage électrostatique			
	Courant assigné d'induction		Tension assignée d'induction		Courant assigné d'induction		Tension assignée d'induction	
	A (valeur efficace)		kV (valeur efficace)		A (valeur efficace)		kV (valeur efficace)	
	Classe		Classe		Classe		Classe	
	A	B	A	B	A	B	A	B
52	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
72,5	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
100	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
123	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6
145	50	80	1	2	0,4	2	3	6
170	50	80	1	2	0,4	3	3	9
245	80	80	1,4	2	1,25	3	5	12
300	80	160	1,4	10	1,25	10	5	15
362	80	160	2	10	1,25	18	5	17
420	80	160	2	10	1,25	18	5	20
550	80	160	2	20	2	25	8	25
800	80	160	2	20	3	25	12	32
1 100	110	440	5	65	7,5	50	20	40
1 200	110	440	5	65	7,5	50	20	40

NOTE 1 Sectionneur de terre de classe A: couplage faible ou lignes parallèles relativement courtes. Sectionneur de terre de classe B: couplage fort ou lignes parallèles relativement longues.

NOTE 2 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 normalisées. Il convient alors que les valeurs assignées fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

NOTE 3 Les tensions assignées d'induction sont des tensions entre phase et terre, pour des essais unipolaires ou tripolaires (voir C.6.105.6).

C.4.107.2 Tension assignée d'induction

Les tensions assignées d'induction électromagnétique et d'induction électrostatique doivent avoir des valeurs distinctes.

Les tensions assignées d'induction pour les deux classes de sectionneurs de terre sont données dans le tableau C.1.

C.5 Conception et construction

L'article 5 de cette norme est applicable avec le complément suivant:

C.5.10 Plaques signalétiques

Les plaques signalétiques des sectionneurs de terre aptes à établir et interrompre des courants d'induction doivent porter l'indication de la classe applicable.

C.6 Essais de type

L'article 6 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

Les essais de type des sectionneurs de terre ayant un pouvoir de coupure assigné d'induction doivent comporter:

- des essais pour démontrer le pouvoir d'établissement et de coupure assigné d'induction électromagnétique;
- des essais pour démontrer le pouvoir d'établissement et de coupure assigné d'induction électrostatique.

C.6.5 Essais d'échauffement

Il n'est normalement pas nécessaire d'effectuer d'essais, le courant assigné de courte durée du sectionneur de terre pouvant servir à démontrer que les échauffements correspondants aux courants assignés d'induction sont négligeables. En cas de doute, il convient de faire des essais d'échauffement suivant accord entre constructeur et utilisateur.

Le paragraphe 6.5 de la CEI 60694 est applicable si des essais sont demandés.

C.6.105 Essais d'établissement et de coupure

C.6.105.1 Disposition du sectionneur de terre pour les essais

Le sectionneur de terre en essai doit être monté complètement sur son propre support ou sur un support équivalent. Le dispositif de manœuvre doit être actionné dans les conditions prescrites et en particulier si le dispositif de manœuvre est à commande électrique ou pneumatique, il doit être alimenté, respectivement, sous sa tension minimale ou sa pression minimale.

Avant d'entreprendre les essais d'établissement et de coupure, des manœuvres à vide doivent être effectuées en enregistrant les caractéristiques fonctionnelles du sectionneur de terre, telles que la vitesse de déplacement des contacts, les durées de fermeture et d'ouverture.

Les sectionneurs de terre à isolation gazeuse doivent être essayés à leur masse volumique minimale de gaz.

Les sectionneurs de terre à commande manuelle peuvent être manœuvrés à distance au moyen d'une commande à source d'énergie extérieure telle que l'on obtienne des vitesses de manœuvre équivalentes à celles données par la commande manuelle.

NOTE 1 Il est recommandé de faire des essais pour démontrer qu'un sectionneur de terre à commande manuelle fonctionnera correctement à la vitesse de manœuvre minimale spécifiée par le constructeur.

Seuls les essais monophasés sur un seul pôle d'un sectionneur de terre tripolaire sont nécessaires à condition que le pôle ne soit pas placé dans une condition plus favorable que le sectionneur de terre tripolaire complet en ce qui concerne:

- la vitesse de fermeture,
- la vitesse d'ouverture,
- l'influence des pôles adjacents ou les effets dus à la proximité des phases sous tension.

NOTE 2 Les essais sur un seul pôle conviennent pour démontrer les performances d'établissement et de coupure d'un sectionneur de terre, à condition de démontrer que la durée et le développement de l'arc sont tels qu'il ne risque pas d'atteindre une phase adjacente sous tension. Si un essai sur un pôle montre que ce risque existe, il convient de faire des essais triphasés en respectant la disposition particulière du sectionneur de terre.

C.6.105.2 Mise à la terre du circuit d'essai et du sectionneur de terre

Le circuit d'essai doit être mis à la terre par la borne du sectionneur de terre normalement reliée à la terre.

C.6.105.3 Fréquence d'essai

Les sectionneurs de terre doivent de préférence être essayés à leur fréquence assignée; toutefois par commodité, les essais peuvent être réalisés à 50 Hz ou à 60 Hz et sont considérés comme étant équivalents.

C.6.105.4 Tension d'essai

Les tensions d'essais doivent être choisies pour obtenir aux bornes du sectionneur de terre les tensions appropriées à fréquence industrielle ($+10\%$ -0%) indiquées au tableau C.2, avant l'établissement et après l'interruption du courant. Pour les essais d'induction électromagnétique, la tension d'essai doit être mesurée immédiatement après l'interruption du courant, et pour les essais d'induction électrostatique, immédiatement avant l'établissement du courant.

Comme indiqué en C.6.105.1, seuls des essais sur un pôle sont normalement exigés. Si des essais tripolaires sont exigés, la tension d'essai dans chaque phase ne doit pas différer de la moyenne des tensions d'essai de plus de 10 %.

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,3 s après l'interruption du courant.

C.6.105.5 Courants d'essai

Les courants d'essai doivent être égaux aux pouvoirs de coupure assignés d'induction ($+10\%$ -0%) indiqués au tableau C.1.

Le courant à couper doit être symétrique avec un décrétement négligeable. Les contacts du sectionneur de terre ne doivent pas se séparer avant disparition de la composante transitoire due à la fermeture du circuit

Si les essais d'établissement et de coupure sont effectués en triphasé, le courant d'essai doit être égal à la moyenne des courants dans les trois pôles. Le courant d'essai dans chaque phase ne doit pas différer du courant d'essai moyen de plus de 10 %.

Avant la séparation des contacts, la forme d'onde du courant, pour les essais de coupure de courant capacitif, doit être autant que possible sinusoïdale. Cette condition est considérée comme remplie si le rapport de la valeur efficace du courant total à la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2. Le courant d'essai ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-période à fréquence industrielle avant séparation des contacts.

C.6.105.6 Circuits d'essai

Les essais peuvent être effectués sur site ou en laboratoire. En laboratoire, les lignes peuvent être remplacées par des éléments groupés composés de condensateurs, de bobines d'inductance et de résistances.

Si des essais tripolaires sont exigés, le circuit d'essai triphasé doit comporter dans chaque phase les mêmes éléments que le circuit d'essai monophasé, en vue d'obtenir les tensions et les courants d'essai appropriés. Le neutre du circuit d'alimentation doit être mis à la terre.

NOTE 1 D'autres circuits d'essai donnant les tensions et les courants d'essai spécifiés ainsi que les paramètres convenables de tension transitoire de rétablissement (TTR) peuvent être utilisés.

NOTE 2 Sur site, il peut être impossible de respecter les tolérances exigées sur les tensions et courants d'essai. Ces exigences peuvent être levées par accord entre constructeur et utilisateur. Il convient de noter que si les transformateurs de tension sont connectés à la ligne mise à la terre, des phénomènes de ferro-résonance peuvent apparaître durant la manœuvre d'établissement ou de coupure, suivant les caractéristiques des transformateurs et la longueur de la ligne.

C.6.105.6.1 Circuit d'essai pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électromagnétique

Le circuit d'essai monophasé (figure C.1) comprend un circuit d'alimentation fournissant la tension d'essai et le courant d'essai approprié avec un facteur de puissance inférieur ou égal à 0,15. Les éléments R et C sont choisis pour donner les paramètres appropriés de tension transitoire de rétablissement. La résistance d'amortissement R peut être branchée en série ou en parallèle avec le condensateur C .

Les valeurs de la tension d'alimentation (U_L) et de l'inductance (L) peuvent être calculées à partir des indications du tableau C.1, pour obtenir les valeurs appropriées du courant d'essai et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

La forme d'onde de la tension transitoire de rétablissement doit en principe être triangulaire à cause de l'impédance d'onde des lignes de transport connectées. On peut cependant, par commodité, utiliser une tension transitoire de rétablissement de forme (1-cos). Les valeurs de R et de C peuvent être choisies pour obtenir les paramètres appropriés de la tension transitoire de rétablissement spécifiée au tableau C.2.

Tableau C.2 – Valeurs normalisées de la tension transitoire de rétablissement pour les essais de coupure de courant d'induction électromagnétique

Tension assignée U_r kV	Classe A			Classe B		
	Tension de rétablissement à fréquence industrielle ($+10$ % 0 %) kV (valeur efficace)	Valeur de crête de la TTR ($+10$ % 0 %) kV	Durée de montée de la TTR (0 % -10 %) μ s	Tension de rétablissement à fréquence industrielle ($+10$ % 0 %) kV (valeur efficace)	Valeur de crête de la TTR ($+10$ % 0 %) kV	Durée de montée de la TTR (0 % -10 %) μ s
52	0,5	1,1	100	2	4,5	300
72,5	0,5	1,1	100	2	4,5	300
100	0,5	1,1	100	2	4,5	300
123	0,5	1,1	100	2	4,5	300
145	1	2,3	200	2	4,5	300
170	1	2,3	200	2	4,5	300
245	1,4	3,2	200	2	4,5	330
300	1,4	3,2	200	10	23	850
362	2	4,5	325	10	23	1 000
420	2	4,5	325	10	23	1 000
550	2	4,5	325	20	45	2 000
800	2	4,5	325	20	45	2 000
1 100	5	11,3	750	65	145	2 400
1 200	5	11,3	750	65	145	2 400

NOTE 1 Les valeurs des tensions de rétablissement sont valables pour des essais unipolaires ou tripolaires.

NOTE 2 L'onde de la TTR présumée peut être de forme triangulaire ou de forme (1-cos) (voir C.6.105.6.1). Les

valeurs des durées de montée de la TTR sont valables pour l'une ou l'autre des formes d'onde.

C.6.105.6.2 Circuit d'essai pour l'établissement et la coupure des courants d'induction électrostatique

Les circuits d'essai 1 ou 2 de la figure C.2, conviennent pour les essais en laboratoire, étant équivalents dans la mesure où les relations entre les paramètres de circuit sont satisfaites.

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être inférieur ou égal à 0,15. Les valeurs de la tension d'alimentation (U_c), et des éléments L et C_2 du circuit d'essai 1 peuvent être calculées à partir des valeurs assignées de courant et de tension du tableau C.1 et des valeurs de C_1 du tableau C.3 au moyen des équations indiquées à la figure C.2. Il en résultera des valeurs appropriées de courant et de tension d'essai, de fréquence de courant d'appel et d'impédance d'onde du circuit d'essai. Les valeurs pour le circuit d'essai 2, peuvent être calculées à partir des valeurs obtenues pour le circuit d'essai 1.

Une résistance (R) de valeur non supérieure à 10 % de l'impédance capacitive vue par le sectionneur, [$\omega(C_1 + C_2) = \omega C_1'$], peut être raccordée dans les circuits comme indiqué à la figure C.2. Il convient cependant que sa valeur n'excède pas l'impédance d'onde de la ligne considérée et ne produise pas un amortissement apériodique du courant d'appel à la fermeture du sectionneur de terre.

Tableau C.3 – Capacité du circuit d'essai (valeurs de C_1) pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électrostatique

Tension assignée KV	Capacité du circuit d'essai	
	Classe A ± 10 % μF	Classe B ± 10 % μF
52	0,07	0,27
72,5	0,07	0,27
100	0,07	0,27
123	0,07	0,27
145	0,13	0,27
170	0,13	0,27
245	0,15	0,27
300	0,15	0,80
362	0,29	1,18
420	0,29	1,18
550	0,35	1,47
800	0,35	1,47
1 100	0,8	2,63
1 200	0,8	2,63

NOTE Les valeurs de C_1 peuvent être calculées d'après la relation:

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

où

D est la longueur de la ligne, en km;

Z_0 est l'impédance d'onde de la ligne, en Ω .

Impédance d'onde admise:

- 52 kV à 170 kV: 425 Ω ;
- 245 kV à 300 kV: 380 Ω ;
- 362 kV à 800 kV: 325 Ω .

– 1 100 kV à 1 200 kV: 290 Ω .

C.6.105.7 Séquences d'essais

Dix cycles d'établissement-coupure de courant d'induction électromagnétique et 10 cycles d'établissement-coupure de courant d'induction électrostatique doivent être effectués.

NOTE Ces 10 cycles ne sont pas considérés comme suffisants pour démontrer une endurance électrique, mais ils donnent des indications sur l'érosion des contacts.

La manœuvre d'ouverture doit suivre la manœuvre de fermeture avec un retard suffisant pour que tout courant transitoire éventuel ait disparu.

Les essais doivent être effectués sans remise en état du sectionneur de terre pendant le programme d'essai.

C.6.105.8 Comportement du sectionneur pendant les essais

Le sectionneur de terre doit fonctionner correctement sans présenter de signe exagéré de fatigue.

L'émission de flammes ou de particules métalliques hors du sectionneur de terre est acceptable si cela ne réduit pas le niveau d'isolement ni ne peut être dangereux pour un opérateur local ou d'autres personnes à proximité.

C.6.105.9 Etat du sectionneur après les essais

Les fonctions mécaniques et l'isolation du sectionneur de terre doivent être pratiquement dans le même état qu'avant les essais. Le sectionneur de terre doit être capable de supporter la valeur de crête du courant admissible et le courant de courte durée admissible assigné.

Une usure mécanique et une érosion des contacts par l'arc sont acceptables tant qu'elles restent compatibles avec la durée de vie escomptée du sectionneur de terre et sa périodicité d'entretien. La qualité du matériau éventuellement utilisé pour la coupure de l'arc peut être altérée et la quantité en être réduite en dessous de la normale. Il peut y avoir des dépôts sur les isolateurs provenant de la décomposition du milieu extincteur d'arc.

Le contrôle visuel et la manœuvre à vide du sectionneur de terre après les essais sont habituellement suffisants pour contrôler les exigences ci-dessus. En cas de doute, il peut être nécessaire de réaliser des essais appropriés pour confirmation.

En cas de doute sur les caractéristiques d'isolement du sectionneur de terre ouvert, des essais de contrôle de l'état du sectionneur selon 6.2.11 de la CEI 60694 doivent être réalisés pour vérifier les caractéristiques d'isolement.

C.6.105.10 Rapport des essais de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des rapports d'essais contenant des données suffisantes pour prouver la conformité à la présente norme. Il convient d'inclure des renseignements suffisants pour pouvoir identifier les parties essentielles du sectionneur de terre essayé.

Les rapports d'essais doivent contenir les documents et les renseignements suivants:

- a) enregistrements oscillographiques ou similaires;
- b) description des circuits d'essais;
- c) valeurs des courants d'essai;
- d) valeurs des tensions d'essai;
- e) valeurs des tensions de rétablissement à fréquence industrielle;

- f) valeurs des tensions transitoires de rétablissement présumées;
- g) valeurs des durées d'arc;
- h) nombre de manœuvres d'établissement et de coupure;
- i) état du sectionneur de terre après les essais.

Il convient d'inclure des renseignements généraux concernant la structure support du sectionneur et de noter, s'il y a lieu, les durées de manœuvre du sectionneur et le type des dispositifs de manœuvre utilisés pendant les essais.

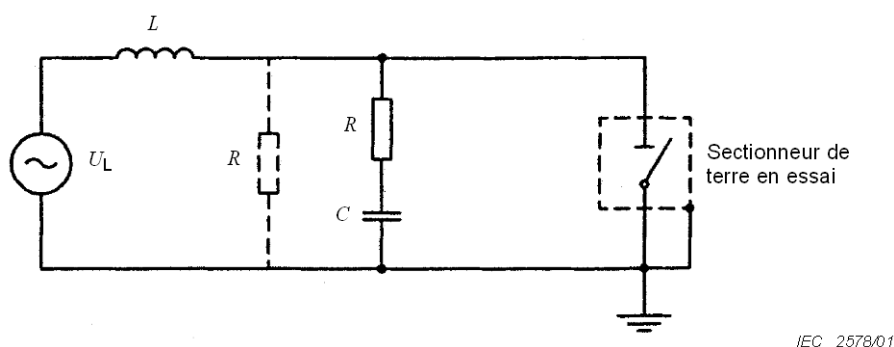
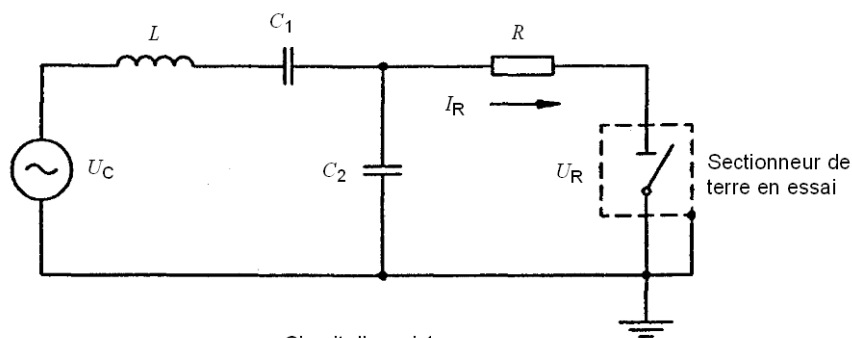
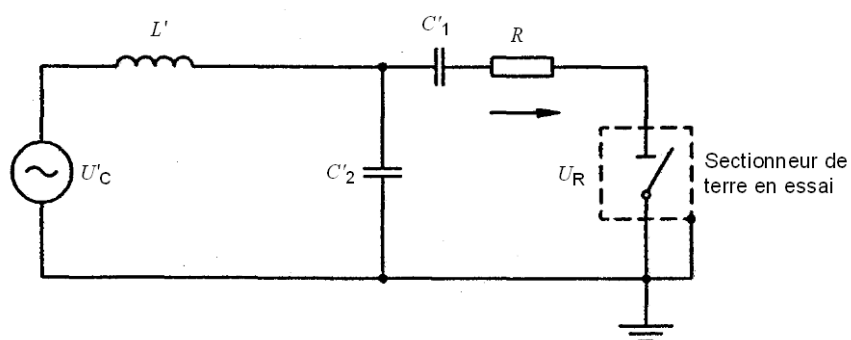


Figure C.1 – Circuit d'essai pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électromagnétique



Circuit d'essai 1



Circuit d'essai 2

IEC 2579/01

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

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

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

$$u'_C = \left[\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right] \times u_C, \text{ ou } u'_C = u_R$$

$$C_2 = C_1 \times \left[\frac{u_C}{u_R} - 1 \right]$$

$$C'_1 = C_1 + C_2$$

$$C'_2 = C_2 \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right)$$

où

Z_0 est l'impédance d'onde de la ligne:

- 425 Ω pour les tensions assignées de 52 kV à 170 kV inclus;
- 380 Ω pour les tensions assignées de 245 kV à 300 kV inclus;
- 325 Ω pour les tensions assignées de 362 kV à 800 kV inclus.

Légende

i_R est le courant d'induction assigné suivant le tableau C.1

U_R est la tension d'induction assignée suivant le tableau C.1

C_1 est la capacité du circuit d'essai suivant le tableau C.3

Figure C.2 – Circuits d'essai pour l'établissement et la coupure de courants d'induction électrostatique

Annexe D **(informative)**

Tension d'essai applicable à la position la plus défavorable d'un point de vue diélectrique du sectionneur de terre pendant sa manœuvre (approche temporaire)

Pour la normalisation de la tenue diélectrique pendant l'approche temporaire, il est nécessaire de prendre en compte les remarques suivantes:

- pour des tensions assignées jusqu'à 170 kV inclus, il existe deux types de réseaux, l'un à neutre directement à la terre et l'autre à réseau compensé par bobine d'extinction comme une bobine de Petersen;
- pour des tensions assignées de 245 kV et au-dessus, le neutre directement à la terre est le standard;
- pour des tensions assignées de 300 kV et au-dessus, le rapport entre tension de tenue à fréquence industrielle et tension du réseau est réduit, comparé au rapport entre tension d'essai et tension du réseau en dessous de 300 kV (dans la gamme de tension supérieure des essais aux chocs de manœuvre sont normalisés).

Aussi, pour la gamme de tensions les plus basses, il convient de normaliser deux tensions d'essais différentes pour l'approche temporaire (la première pour les réseaux à neutre directement à la terre et l'autre pour les réseaux compensés par bobine d'extinction) et une seule tension d'essai pour les réseaux à 245 kV et au-dessus.

Compte tenu du niveau relativement faible de la tension de tenue à fréquence industrielle pour les réseaux de tension à 300 kV et au-dessus, les sectionneurs et sectionneurs de terre 245 kV occupent une position particulière. D'un côté, ils appartiennent à la gamme des réseaux à neutre directement reliés à la terre, et de l'autre ils appartiennent à la gamme des tensions d'essai pour réseaux inférieurs à 300 kV. Il y a donc lieu de se demander si la tenue diélectrique exigée correspond à la tension de tenue à fréquence industrielle normalisée (phase-terre) ou à la tension assignée.

Un rapport fixe de la tenue en tension phase-terre donnerait des valeurs trop importantes pour les tensions assignées les plus basses et trop réduites pour les tensions assignées les plus élevées.

Considérant que les distances de sécurité dans les postes ne sont pas liées aux tensions d'essais diélectriques mais à la tension assignée, il convient que la tenue diélectrique pour l'approche temporaire corresponde également à la tension assignée et aux conditions de mise à la terre du réseau. Aussi, il est recommandé de considérer que les tensions d'essais peuvent, peut-être, évoluer à terme, et que cela ne devrait pas se traduire par un changement de la tension d'essai pour la distance d'approche temporaire.

Pour la normalisation, il convient donc de suggérer:

- a) pour les tensions assignées jusqu'à 170 kV inclus:
 - $2 \times U_r / \sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre directement à la terre,
 - $1,3 \times U_r$ pour les réseaux à neutre non à la terre,
- b) pour les tensions assignées de 245 kV à 800 kV inclus dont le neutre est généralement directement mis à la terre:
 - $2 \times U_r / \sqrt{3}$.

Les valeurs de tension d'essai suggérées pour le couteau du sectionneur de terre dans la position la plus défavorable sont données dans le tableau 5 après prise en compte des remarques ci-dessus.

Annexe E (normative)

Prescriptions spéciales pour les sectionneurs et sectionneurs de terre utilisés dans l'appareillage sous enveloppe métallique et/ou à isolation gazeuse

E.1 Généralités

E.1.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique spécifiquement aux sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif utilisés dans l'appareillage sous enveloppe métallique et à isolation gazeuse conçus pour des tensions supérieures à 1 000 V et pour des fréquences inférieures ou égales à 60 Hz.

Ne sont ici concernées que les parties des matériels assurant la fonction spécifique de sectionnement ou de mise à la terre. Dans le cas où les sectionneurs et sectionneurs de terre sont intégrés dans un compartiment ou un bloc, la CEI 60517 ou la CEI 60298 s'applique, en fonction du niveau de tension.

E.1.2 Références normatives

Le paragraphe 1.2 de cette norme est applicable.

E.2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de cette norme est applicable.

E.3 Définitions

L'article 3 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

E.3.5.116 **traversée**

matériel servant à conduire un ou plusieurs conducteurs à travers une enveloppe en l'isolant de celle-ci; ce dispositif comporte les moyens de fixation sur l'enveloppe (3.109 de la CEI 60517)

E.3.7.129 **température de calcul (de l'enveloppe)**

température maximale pouvant être atteinte par l'enveloppe dans les conditions de service

(3.114 de la CEI 60517)

E.3.7.130 **pression de calcul (de l'enveloppe)**

pression retenue pour déterminer l'épaisseur de l'enveloppe

(3.115 de la CEI 60517)

E.3.7.131**pression assignée (ou masse volumique) de remplissage pour l'isolement**

pression en Pascals (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et 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 maintenue automatiquement

(3.6.4.1 de la CEI 60694)

E.3.7.132**pression minimale pour l'isolement (ou masse volumique)**

pression en Pascal (Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et 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

(3.6.4.5 de la CEI 60694)

E.4 Caractéristiques assignées

L'article 4 de cette norme est applicable avec les compléments suivants à la liste des caractéristiques assignées:

- p) pouvoir assigné d'établissement et coupure de courant de jeux de barres à vide, si applicable (voir annexe F).

E.4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 60694 est applicable.

E.4.10 Pression assignée (ou masse volumique) de remplissage pour l'isolement

Le paragraphe 4.10 de la CEI 60694 est applicable.

E.5 Conception et construction

L'article 5 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

E.5.3 Raccordement à la terre des sectionneurs et sectionneurs de terre

Les paragraphes 5.3 de la CEI 60694 et 5.3 de la CEI 60517 ou CEI 60298 sont applicables.

Si pour des raisons d'essais, une connexion extérieure prévue sur le sectionneur de terre nécessite la déconnexion du point terre, elle doit être capable de supporter le courant de courte durée assigné. Le niveau d'isolement correspondant (c.c. et c.a.) de cette connexion extérieure – lorsqu'elle est démontée – doit être précisée par le constructeur. Si cela est demandé, les pertes diélectriques (mW) du dispositif d'isolement de la connexion de terre extérieure doivent être indiquées.

E.5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

Les valeurs suivantes doivent être indiquées:

- pression assignée pour la manœuvre;
- masse volumique minimale du gaz (ou pression);
- pression de calcul pour l'enveloppe.

E.5.105 Défaut interne

Si applicable, voir 5.101.4 de la CEI 60298 ou 5.102 de la CEI 60517.

E.5.106 Enveloppes

Voir 5.102.1, 5.102.2 et 5.102.5 de la CEI 60298 ou 5.103.1 et 5.103.2 de la CEI 60517, et si applicable 5.15 de la CEI 60694.

E.5.107 Décharge de pression

Si applicable, voir 5.104 de la CEI 60298 ou 5.105 de la CEI 60517.

E.6 Essais de type

L'article 6 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

E.6.1 Généralités

Les sectionneurs et sectionneurs de terre, formant partie du circuit principal de l'appareillage à isolation gazeuse ou sous enveloppe métallique, doivent être essayés pour vérifier que leurs caractéristiques assignées sont conformes à la présente annexe dans les conditions particulières d'installation et d'utilisation, c'est-à-dire qu'ils doivent être essayés comme ils sont normalement montés dans l'appareillage à isolation gazeuse ou sous enveloppe métallique avec tous les matériels pouvant avoir une influence sur les performances, tels que connexions, supports, dispositifs d'échappement, etc.

NOTE Lors de l'examen des matériels susceptibles d'influencer les performances, il est recommandé de porter une attention particulière aux forces mécaniques dues au courant de court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, aux possibilités de décharges disruptives, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs est négligeable dans certains cas.

E.6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de cette norme est applicable avec les compléments suivants:

NOTE (O) = optionnel.

- essais de vérification du pouvoir assigné d'établissement et coupure de courant de jeux de barres à vide par les sectionneurs (E.6.108) (O);
- essai de tenue en pression des enveloppes (E.6.109) (O);
- essai de tenue en cas d'arc dû à un défaut d'arc interne (E.6.110) (O).

E.6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 60694 est applicable.

Aucun essai de décharges partielles n'est demandé sur un sectionneur ou sectionneur de terre complet à moins qu'ils ne soit spécifié en 6.1.9 de la CEI 60298 et de la CEI 60517 (GIS). Cependant, dans le cas de sectionneurs ou sectionneurs de terre utilisant des matériels pour lesquels il existe une publication CEI incluant des mesures de décharge partielles (par exemple les traversées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V (CEI 60137), le constructeur doit prouver que ces matériels ont subi avec succès les essais de décharges partielles spécifiés dans la publication correspondante de la CEI. Pour la mesure de décharge partielle, voir la CEI 60270.

NOTE 1 La mesure de décharge partielle 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, spécialement de l'isolation solide.

NOTE 2 Après accord, d'autres méthodes que celle décrite dans la CEI 60270, par exemple UHF ou acoustiques, peuvent être utilisées pour la mesure ou la détection de la décharge partielle.

E.6.6.1.101 Conditions générales d'essai pour les essais de court-circuit

Les paragraphes 6.6.1 de la CEI 60694 et 6.6.1.101 de la présente norme sont applicables.

E.6.102.3 Essai d'endurance mécanique

Les sectionneurs et sectionneurs de terre équipés de verrouillages doivent subir cinq cycles de manœuvres (sauf spécification autre dans la norme correspondante) de manière à vérifier le fonctionnement des verrouillages associés. Avant chaque manœuvre, les verrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion. Pendant ces essais, on ne doit appliquer que les efforts normaux de manœuvre et aucun réglage ne doit être fait sur les appareils de connexion ou les verrouillages.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les appareils de connexion et les verrouillages sont en bon état de fonctionnement et si les efforts nécessaires à la manœuvre des appareils de connexion sont pratiquement les mêmes avant et après les essais.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si l'appareil de connexion ne peut pas être manœuvré.

E.6.104 Fonctionnement aux températures limites

Pour vérifier le bon fonctionnement aux températures limites, un essai d'étanchéité correspondant à 6.8 de la CEI 60694 doit être réalisé.

E.6.108 Essai de vérification du pouvoir de coupure de courant de jeux de barres à vide par les sectionneurs

Les détails des spécifications d'essais sont donnés dans l'annexe F.

E.6.109 Essai de tenue à la pression des enveloppes

Le paragraphe 6.104 de la CEI 60298 ou de la CEI 60517 est applicable.

E.6.110 Essais dans des conditions d'arc dû à un défaut interne

Le paragraphe 6.108 de la CEI 60298 ou 6.106 de la CEI 60517 est applicable.

E.7 Essais individuels de série

L'article 7 est applicable avec les compléments suivants:

E.7.1 Essai diélectrique du circuit principal

Ajouter ce qui suit:

NOTE Dans le cas d'un matériel scellé, l'essai diélectrique est réalisé à la pression assignée de remplissage.

E.7.101 Essais de manœuvre mécanique

Le paragraphe 7.101 de cette norme est applicable avec le complément qui suit.

Les sectionneurs et sectionneurs de terre équipés de verrouillages doivent subir 5 cycles de manœuvres de manière à vérifier le fonctionnement des verrouillages associés. Avant chaque manœuvre, une tentative doit être faite pour manœuvrer chaque dispositif de coupure comme spécifié respectivement en 6.102.3.2 et E.6.102.3.

Pendant ces essais, qui sont réalisés sans tension ni courant dans le circuit principal, on doit en particulier vérifier que le dispositif de coupure ouvre et ferme correctement dans les limites spécifiées de tension et de pression d'alimentation des dispositifs de commande.

E.7.102 Mesurage des décharges partielles

Le paragraphe 7.101 de la CEI 60298 ou de la CEI 60517 est applicable.

NOTE 1 Le mesurage des décharges partielles peut être utilisé pour détecter des défauts possibles d'assemblage ainsi que des défauts de fabrication.

NOTE 2 Après accord, d'autres méthodes que celle décrite dans la CEI 60270, par exemple UHF ou acoustiques, peuvent être utilisées pour la mesure ou la détection de la décharge partielle.

E.7.103 Essai de tenue à la pression des enveloppes

Le paragraphe 7.103 de la CEI 60298 ou 7.102 de la CEI 60517 est applicable.

E.8 Guide pour le choix des sectionneurs et sectionneurs de terre

L'article 8 de cette norme est applicable.

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

L'article 9 de cette norme et de la CEI 60298 ou de la CEI 60517 est applicable avec les informations complémentaires suivantes:

E.9.102.2 Valeurs assignées et caractéristiques:

n) courant de jeux de barres à vide

E.10 Règles pour le transport, le stockage, l'installation et la maintenance

L'article 10 de la CEI 60298 ou de la CEI 60517 est applicable, en ajoutant la phrase suivante en 10.3 de ces normes:

Pour les opérations de maintenance, le sectionneur de l'appareillage à isolation gazeuse doit être considéré comme ayant ses pleines propriétés d'isolation seulement si la pression du SF₆ n'est pas inférieure à sa pression minimale de fonctionnement (masse volumique).

Annexe F (normative)

Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées égales ou supérieures à 72,5 kV – Prescriptions pour l'établissement et la coupure des courants de jeux de barres à vide par les sectionneurs

F.1 Généralités

Il a été constaté, particulièrement pour les réseaux de niveau de tensions assignées égales ou supérieures à 420 kV, que des décharges disruptives à la terre pouvaient se produire lors de la coupure de petits courants capacitifs par des sectionneurs d'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, par exemple lors de la mise sous tension ou hors tension de tronçons de jeux de barres à vide ou de condensateurs de répartition de disjoncteurs. Ces dernières années, des investigations au niveau mondial ont pu démontrer les origines et ont mis en évidence la complexité des phénomènes de surtensions transitoires très rapides inhérents à l'établissement ou à la coupure de courants capacitifs par les sectionneurs d'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse. La conclusion de ces études est que les décharges disruptives à la terre ne peuvent être évitées que par une conception adaptée des sectionneurs.

F.1.1 Vue d'ensemble

Cette annexe s'applique aux sectionneurs à courant alternatif sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV.

Cette annexe définit les prescriptions pour les sectionneurs sous enveloppe métallique à isolation gazeuse utilisés pour l'établissement ou la coupure de petits courants capacitifs (courant à vide) tel qu'il s'en produit lors de la mise sous tension ou de la mise hors tension de jeux de barres à vide ou de condensateurs de répartition.

NOTE La coupure simultanée de plusieurs sectionneurs dans le même circuit n'est pas recommandée et n'est pas considérée dans la présente norme.

F.2 Conditions normales et spéciales de service

L'article 2 de cette norme est applicable.

F.3 Définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les définitions suivantes s'appliquent:

F.3.7.133

courant de jeux de barres à vide

courant exprimé en valeur efficace en régime établi qu'un sectionneur est capable d'établir ou d'interrompre lors de la mise sous tension ou hors tension de portions de jeux de barres à vide ou de charges capacitives de valeur équivalente

F.3.7.134

tension transitoire à la terre (TVE)

tension phase-terre apparaissant au premier pré-amorçage pendant une manœuvre de fermeture

F.6 Essais de type

Les essais pour les sectionneurs de tensions assignées inférieures à 300 kV ne sont généralement pas nécessaires et font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

NOTE Pour les tensions assignées inférieures à 300 kV, les rapports entre les niveaux spécifiés de tenue aux chocs de foudre (U_p) et les tensions assignées sont dans la plupart des cas suffisamment élevés pour que les essais ne soient pas nécessaires.

F.6.1 Séquence d'essais pour l'établissement et la coupure de courants de barres à vide

Trois séquences d'essais sont définies:

- *Séquence d'essai 1:* mise en et hors circuit d'un très court tronçon de jeu de barres;
- *Séquence d'essai 2:* mise en et hors circuit de condensateurs de répartition de disjoncteurs en opposition de phase;
- *Séquence d'essai 3:* vérification du pouvoir d'établissement-coupure.

NOTE 1 La séquence d'essai 1 est un essai de type normal et donc obligatoire.

NOTE 2 La séquence d'essai 2 est un essai de type spécial à réaliser selon cette spécification et avec accord entre constructeur et utilisateur, mais elle n'est pas nécessaire si le disjoncteur n'est pas équipé de condensateurs de répartition.

NOTE 3 La séquence d'essai 3 est un essai de type spécial à réaliser selon cette spécification et avec accord entre constructeur et utilisateur. Il a seulement pour but d'indiquer le pouvoir de coupure du sectionneur lors de la mise hors tension de jeux de barres de grande longueur ou d'autres parties sous tension, par exemple de courtes longueurs de câbles, etc.

Des valeurs typiques de courants sont données au tableau F.2.

F.6.2 Disposition du sectionneur pour les essais

Le dispositif de commande du sectionneur en essai doit être utilisé selon les recommandations du constructeur et, en particulier, s'il est alimenté par une source d'énergie extérieure, il doit être manœuvré à la tension d'alimentation et/ou la pression minimale spécifiée.

Avant de commencer les essais d'établissement et de coupure, le sectionneur doit être manœuvré à vide et les caractéristiques fonctionnelles telles que les durées de fermeture et d'ouverture doivent être enregistrées.

Les essais doivent être réalisés à masse volumique minimale de gaz spécifié nécessaire au fonctionnement normal du sectionneur en essai. Les compartiments adjacents doivent également être remplis à leur masse volumique minimale.

Dans la plupart des cas, la géométrie du sectionneur comporte des asymétries (par exemple capots asymétriques, ou différences entre contact mobile/contact fixe, etc.). Dans ces cas, la disposition du sectionneur doit être celle qui correspond aux conditions d'essai les plus défavorables. Pour la séquence d'essai 1, la disposition du sectionneur est celle pour laquelle la distance de pré-amorçage est maximale au cours d'une manœuvre de fermeture. Pour les séquences d'essai 2 et 3, la disposition du sectionneur n'a pas d'influence notable.

NOTE Il est de pratique courante que le même concept de sectionneur soit installé indifféremment en positions horizontale et verticale. Dans ce cas, des variations de la vitesse du contact sont possibles. Cependant, des variations inférieures à ± 15 % de la vitesse prescrite sont acceptables pour ces essais.

Des essais monophasés sur un seul des pôles d'un sectionneur tripolaire peuvent être réalisés, à condition que la vitesse de manœuvre ne soit pas modifiée de plus de ± 15 %.

Pour les sectionneurs ayant les trois phases dans une même enveloppe, des essais triphasés sont souhaitables. Si des essais triphasés ne peuvent être réalisés à cause des limitations du laboratoire d'essais, et après accord entre constructeur et utilisateur, des essais monophasés peuvent être réalisés pour démontrer les performances d'établissement et de coupure. Dans ce cas, il convient de mettre à la terre les deux pôles non utilisés, à leurs deux extrémités.

F.6.3 Fréquence d'essai

Les sectionneurs sont essayés de préférence à la fréquence industrielle assignée. Cependant, des commodités d'essais, ils peuvent être réalisés à 50 Hz ou 60 Hz et sont considérés comme équivalents.

F.6.4 Tensions d'essais pour les essais d'établissement et de coupure

Pendant les essais d'établissement et de coupure, la tension à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,3 s avant et après la manœuvre. Dans le cas où le jeu de barres du côté charge est préchargé sous tension continue (séquence d'essai 1), la tension continue doit être appliquée à sa valeur spécifiée pendant environ 1 min avant la manœuvre de fermeture. Le jeu de barres côté charge ne doit pas être mis à la terre entre les manœuvres d'ouverture et de fermeture. Il est recommandé que le circuit d'essai ne comporte pas d'éléments susceptibles de provoquer une diminution du niveau de charge piégée.

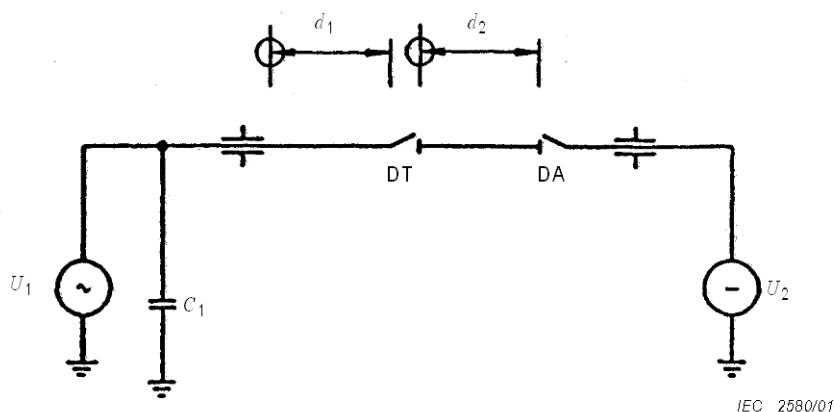
En se référant avec les figures F.1, F.3 et F.4, les tensions d'essai à appliquer du côté source et du côté charge du dispositif en essai sont indiquées au tableau F.1.

Les tensions d'essai du tableau F.1 sont valables pour le sectionneur en position ouvert. Notamment dans la séquence d'essai 3, la tension d'essai peut être considérablement plus élevée lorsque le sectionneur est en position fermé. Cela est dû à un phénomène de résonance, qui apparaît notamment en cas de forte impédance du transformateur d'alimentation, ce qui est une caractéristique normale des transformateurs utilisés pour les essais diélectriques en tension alternative.

NOTE L'augmentation de tension mentionnée ci-dessus aggrave les conditions d'essai. Il convient qu'elle ne soit pas être supérieure à 10 %.

Tableau F.1 – Tensions d'essai pour les essais d'établissement et de coupure

Séquence d'essai	Tension d'essai	
	Coté source U1	Coté charge U2
1	$1,1 \times U_r / \sqrt{3}$	Pré-charge à tension c.c. négative $-1,1 \times U_{rx} \times \sqrt{2} / \sqrt{3}$
2	$1,1 \times U_r / \sqrt{3}$	Tension c.a. en opposition de phase $1,1 \times U_r / \sqrt{3}$
3	$U_r / \sqrt{3}$	–
NOTE 1 U_r est la tension assignée.		
NOTE 2 Le coefficient 1,1 a été choisi pour tenir compte des effets statistiques inhérents à ce type de phénomènes de mise en et hors circuit, et pour réduire le nombre d'essais à ceux indiqués au tableau F.3. Comme la séquence d'essai 3 devrait seulement indiquer le pouvoir d'établissement coupure du sectionneur, l'application de ce facteur n'est pas nécessaire.		



Légende

DT Sectionneur en essai

DA Sectionneur auxiliaire

Figure F.1 – Circuit d'essai pour la séquence d'essai 1

F.6.5 Circuits d'essai pour les essais d'établissement et de coupure

F.6.5.1 Coupure d'un tronçon très court de jeu de barres, séquence d'essai 1

La figure F.1 représente le circuit d'essai correspondant à la séquence d'essai 1. Le côté charge doit être représenté par un tronçon de jeu de barres de longueur d_2 comprise entre 3 m et 5 m. Le raccordement côté alimentation doit être réalisé par un autre tronçon de jeu de barres de longueur d_1 . Pour engendrer des transitoires très rapides (VFT) représentatifs, le rapport d_2/d_1 doit être compris entre 0,36 et 0,52. Une capacité additionnelle, C_1 , doit être connectée au circuit côté source. La valeur de C_1 doit être choisie de telle sorte que la valeur de crête maximale, de la tension par rapport à la terre, au niveau des bornes du sectionneur soit conforme à celle spécifiée en F.6.5.1.1.

Avant de réaliser une manœuvre de fermeture, l'élément de jeu de barres côté charge doit être chargé sous une tension continue conformément aux valeurs indiquées au tableau 1. La source de tension continue doit être séparée par le sectionneur auxiliaire DA.

NOTE Les longueurs de jeux de barres d_1 et d_2 correspondent aux distances suivantes:

d_1 : distance entre le contact ouvert du sectionneur en essai (DT) et la traversée;

d_2 : distance entre le contact ouvert du sectionneur en essai (DT) et le contact ouvert du sectionneur auxiliaire (DA).

F.6.5.1.1 Valeurs des tensions transitoires

Les tensions transitoires mesurées à l'endroit du sectionneur pendant une manœuvre de fermeture sont utilisées pour caractériser le comportement du circuit d'essai et assurer la conformité des caractéristiques homogènes de surtensions dans les conditions d'essai. Deux aspects distincts des tensions transitoires sont importants; les phénomènes transitoires très rapides (VFT) et les phénomènes transitoires rapides (FT). Les VFT sont déterminés par la configuration du circuit comme décrit en F.6.5.1. Les caractéristiques du circuit relatives aux phénomènes transitoires rapides doivent être vérifiées au moins une fois pour la disposition d'essai par un mesurage direct (voir F.6.10.) dans les conditions suivantes:

- tension d'essai côté source: $U_r/\sqrt{3}$;
- tension côté charge: 0 (pas de précharge).

Pour ces conditions, la valeur de crête de la tension transitoire à la terre U_{TVE} au premier pré-amorçage lors d'une manœuvre de fermeture ne doit pas être inférieure à $1,4 \times U_r \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ (pour des raisons pratiques, une tolérance de 5 % est acceptable) et le temps à la crête doit être inférieur à 500 ns, (figure F.2).

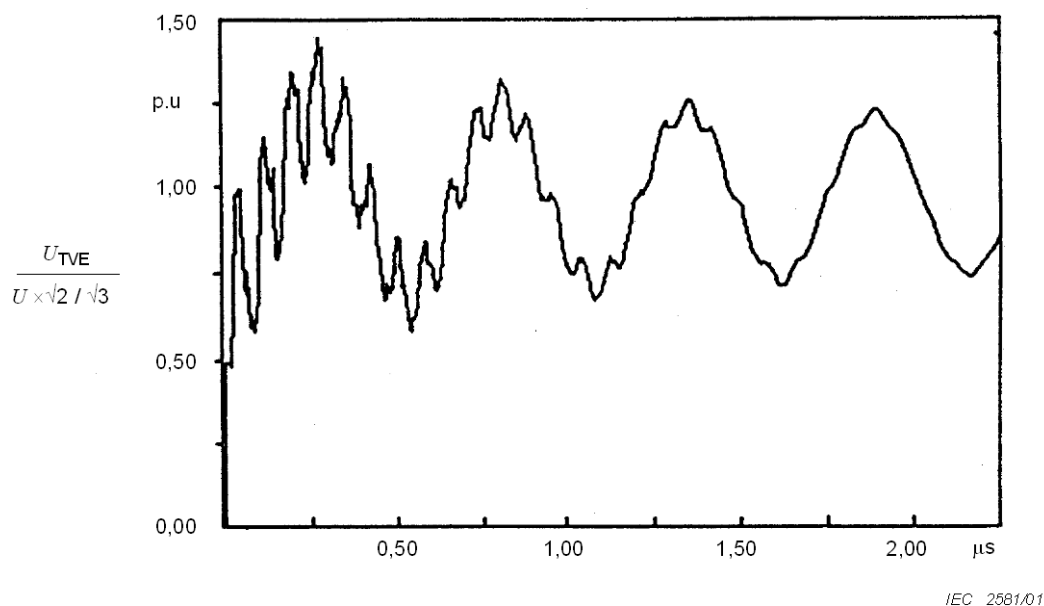


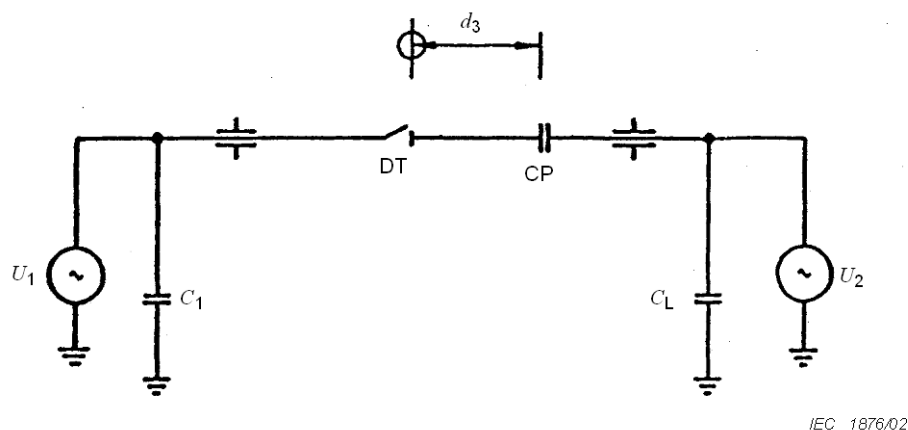
Figure F.2 – Forme d'onde de tension typique (incluant les composantes VFT et FT)

F.6.5.2 Etablissement et coupure en discordance de phase, séquence d'essai 2

La figure F.3 présente le circuit d'essai utilisé pour l'établissement et la coupure en discordance de phase. La capacité parallèle CP d'un disjoncteur peut être représentée par un disjoncteur réel ou par une capacité adéquate de valeur égale ou supérieure à celle utilisée en service.

La liaison d_3 entre le condensateur (disjoncteur) et le sectionneur en essai doit être la plus courte possible. Les longueurs des autres parties du circuit ne sont pas spécifiées, mais il convient qu'elles soient réalisées de préférence les plus courtes possibles compte tenu des composants standards.

La capacité du condensateur C_L (figure F.3) ne doit pas avoir une valeur inférieure à 400 pF. Le rapport C_1/C_L doit être compris entre 4 et 6.



Légende

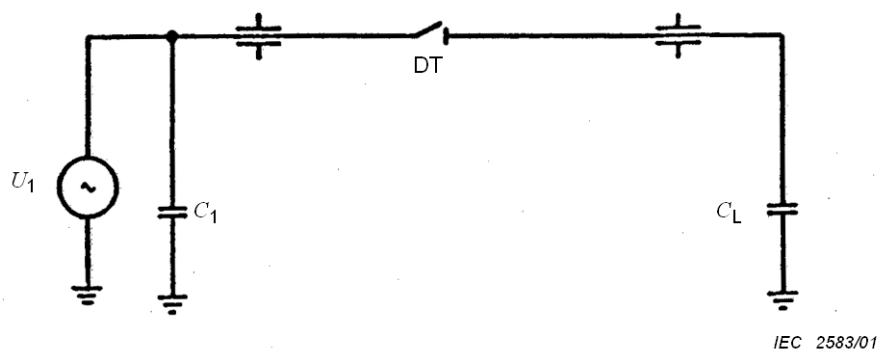
DT Sectionneur en essai

CP Condensateur parallèle du disjoncteur ou condensateur équivalent

Figure F.3 – Circuit d'essai pour la séquence d'essais 2

F.6.5.3 Vérification du pouvoir d'établissement et coupure, cycle d'essai 3

Le circuit d'essai représenté à la figure F.4 s'applique. Pour ce type d'établissement et de coupure, les longueurs des tronçons de jeux de barres n'ont pas d'importance. Du côté charge, il est recommandé d'ajouter une simple capacité C_L de manière à obtenir le courant de jeu de barre à vide spécifié indiqué dans le tableau F.2 avec une tolérance de $\pm 10\%$.



Légende

DT Sectionneur en essai

NOTE 1 Dans le but de réduire les effets de résonance pouvant être occasionnés par une impédance de source élevée, on peut connecter une simple capacité C_1 d'une valeur convenable du côté source.

NOTE 2 D'autres conditions d'essai qui affecteraient le régime transitoire de rétablissement sont soumises à accord entre constructeur et utilisateur.

Figure F.4 – Circuit d'essai pour la séquence d'essais 3

Tableau F.2 – Courants de jeu de barres à vide spécifiés

Tension assignée U_r kV eff	72,5	100	123	145	170	245	300	362	420	550	800	1 100	1 200
Courant de jeu de barres à vide A_{eff}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8

NOTE En pratique, ces valeurs ne sont normalement 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'essais peuvent être considérées d'un commun accord entre constructeur et utilisateur.

F.6.6 Modalités d'exécution des essais d'établissement et de coupure

Dans chaque séquence d'essai, les séries d'essais doivent être réalisées sans remise en état du sectionneur. Le nombre spécifié d'essais est donné dans le tableau F.3.

Tableau F.3 – Nombre spécifié d'essais

Séquence d'essai	Nombre d'établissements et de coupures	
	Sectionneur conventionnel	Sectionneur à ouverture rapide ^a
1	50 ^b	200 ^{a, c}
2	50	200
3	50	50

^a Sectionneurs ayant une vitesse de contact, à l'instant de la séparation des contacts, supérieure ou égale à 1 m/s.

^b Dans le cas où la disposition la plus défavorable du sectionneur ne peut pas être déterminée clairement (en accord avec F.6.2), la séquence d'essai 1 doit être répétée en permutant les raccordements du sectionneur.

^c La réduction du nombre d'essais à 50 est acceptable si (pour prendre en compte les données statistiques), l'on augmente la tension d'essai aux valeurs suivantes:

– côté source: $U_r \times 12/\sqrt{3}$;

– côté charge: (précharge en c.c.): $- U_r \times 1,2 \sqrt{2}/\sqrt{3}$.

F.6.7 Comportement du sectionneur pendant les essais d'établissement et de coupure

Le sectionneur doit subir avec succès les essais sans défaillance mécanique ou électrique.

Les décharges disruptives phase/terre ou entre phases dans le cas de trois pôles dans une même enveloppe ne sont pas admises.

NOTE Il est essentiel que les décharges disruptives à la terre ou entre phases puissent être détectées clairement par des mesurages adéquats ou par des appareils de détection appropriés.

F.6.8 Etat de l'appareil après essai

Les fonctions mécaniques du sectionneur doivent être essentiellement les mêmes qu'avant les essais. Des marques d'érosion dues aux arcs ainsi que le dépôt de produits de décompositions sur les surfaces isolantes sont acceptables pourvu que les propriétés isolantes du sectionneur, dans les positions Ouvert et Fermé, ne soient pas réduites.

Après les séquences d'essai 1 et 2, il n'est pas nécessaire de procéder à la vérification de cette exigence.

NOTE Concernant la séquence d'essais 3, des procédures de contrôle appropriées sont à l'étude par la CEI.

F.6.9 Rapports d'essais de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des rapports d'essais de type suffisamment documentés pour prouver la conformité à la présente norme. Il convient d'y inclure des renseignements suffisants permettant l'identification des parties essentielles du sectionneur essayé.

En complément, le rapport d'essais doit contenir les informations suivantes:

- a) l'enregistrement oscillographique d'un essai d'établissement et d'un essai de coupure;
- b) le ou les circuits d'essais;
- c) le courant d'essai en régime établi (seulement pour la séquence d'essai 3);
- d) la ou les tensions d'essai;
- e) les caractéristiques des tensions transitoires;
- f) l'enregistrement représentatif du mouvement du contact;
- g) la pression du gaz pendant les essais;
- h) le nombre d'établissements et de coupures;
- i) l'état après essai;
- j) le type du dispositif de détection de défaut;
- k) la tension ou pression d'alimentation du mécanisme de commande.

F.6.10 Spécifications pour les mesurages

En général, des mesurages spécifiques sont nécessaires pour les séquences d'essais 1 et 2:

- mesurage de la tension transitoire à la terre U_{TVE} ;
- des mesurages sont exigés lors de la séquence d'essai 1 pour s'assurer que la tension côté charge (U_2) est conforme à la valeur spécifiée jusqu'au début de la manœuvre de fermeture.

Conditions requises pour les mesures:

- la vérification de la tension transitoire à la terre (TVE) doit être faite au moins une fois pour chaque circuit d'essai utilisé. Les changements de configuration tels que les différences de longueur des connexions, l'orientation de l'équipement, etc., sont considérés comme des modifications du circuit d'essai et vont nécessiter des mesurages supplémentaires;
- les mesurages de la TVE doivent être effectués à moins d'un mètre des contacts d'arc du sectionneur. Si cela n'est pas possible, la vérification de la TVE peut être effectuée par calcul, à condition que d'autres mesurages (dans le tronçon en essai mais à une distance supérieure à 1 m des contacts) soient réalisées au moins une fois pour valider le calcul;
- on doit s'assurer que les interférences possibles dues aux tensions parasites à fréquence industrielle soient bien prises en compte;
- les dispositifs de mesurage de la TVE doivent posséder une bande passante suffisante pour enregistrer correctement la composante VFT.

NOTE Le mesurage de la VFT est en cours d'étude.

Annexe G **(normative)**

Autres méthodes d'essais pour les essais d'établissement de courant sur court-circuit

G.1 Généralités

Dans la présente annexe, d'autres méthodes d'essais sont fournies pour obtenir les conditions correspondant au courant établi correct avec la durée correcte de préarc.

Pour les essais utilisant d'autres méthodes dans lesquelles la durée de préarc exigée est obtenue, l'angle d'établissement peut être étendu entre -40 degrés électriques et $+15$ degrés électriques avec référence à la valeur crête de tension de la source de courant.

NOTE À -40 degrés électriques, l'énergie de préarc est supérieure à celle située dans la limite comprise entre -30 et $+15$ degrés électriques.

G.2 Autres méthodes

G.2.1 Méthode d'essai synthétique avec tension assignée et courant de court-circuit assigné

Les méthodes d'essais synthétiques fournies à l'Article 5 de la CEI 62271-101 peuvent être appliquées.

Le circuit d'essai et les exigences spécifiques doivent répondre aux exigences a) du 6.101.5.

G.2.2 Méthodes d'essai à tension réduite

Pour obtenir des résultats comparables entre les essais avec tension assignée et l'essai en variante avec tensions réduites, la durée de préarc pendant l'essai de fermeture à tension réduite ne doit pas être inférieure à la durée de préarc de l'essai à la tension assignée.

L'essai est divisé en deux parties:

- partie 1: un essai à tension assignée et courant réduit pour déterminer la durée de préarc du sectionneur de terre;
- partie 2: un essai à la tension réduite et au courant établi sur court-circuit assigné, avec la durée de préarc exigée.

G.2.2.1 Partie 1, détermination de la durée de préarc

La durée de préarc doit être déterminée en réalisant des essais d'établissement à la tension assignée et au courant réduit. La disposition du sectionneur de terre doit être telle que décrite dans le 6.101.2. Le courant doit être suffisamment faible pour que la surface de contact ne subisse pas l'influence de l'érosion de contact. La durée de préarc doit être déterminée à chacun de ces essais.

Dix essais d'établissement réalisés pour évaluer la durée de préarc doit donner lieu à un instant d'établissement du courant correspondant à un angle de -15 degrés électriques à $+15$ degrés électriques sur la crête de la forme d'onde de tension alternative appliquée. La valeur moyenne de ces durées de préarc valables mesurées et l'écart type (σ) doivent être calculés en vue d'être appliquée à la Partie 2 (voir le G.2.2.2).

En variante, on peut utiliser une tension continue. La tension continue doit correspondre à la valeur de crête de la tension d'essai. La durée de préarc peut différer en fonction de la

polarité de la tension à l'établissement. De ce fait, les 10 essais d'établissement doivent être divisés en 5 manœuvres avec une polarité positive et 5 manœuvres avec polarité négative. La durée moyenne la plus longue de préarc des deux polarités et son écart type (σ) doivent être calculés et appliqués dans la Partie 2.

NOTE Il convient de veiller à utiliser une méthode appropriée pour la mesure des durées de préarc, par exemple l'utilisation d'un transducteur de déplacement ou d'un dispositif équivalent. Dans un dispositif triphasé, une phase peut être utilisée pour évaluer la durée de préarc et les autres phases peuvent être utilisées pour mesurer l'entrée en contact réelle. Une manœuvre à vide avec une mesure des instants d'entrée en contact de chacun des trois pôles doit être utilisée pour compenser les écarts d'entrée en contact entre pôles.

G.2.2.2 Partie 2, essais d'établissement de courant sur court-circuit à tension réduite

Au cours des essais d'établissement avec courant assigné de court circuit à tension réduite, la durée de préarc doit être au moins égale à la moyenne de la durée de préarc plus 2σ déterminée dans les essais décrits dans la Partie 1 (voir le G.2.2.1).

Le courant de court-circuit obtenu pendant les essais à tension réduite doit être au moins égal au courant assigné de court circuit.

Afin d'obtenir la durée de préarc exigée, l'établissement du courant peut être obtenu par les méthodes ci-après:

Méthode 1: Une source de courant à tension réduite et une source de tension de toute forme d'onde, suffisamment élevées pour amorcer le préarc au point de l'onde correct.

Méthode 2: Pour les sectionneurs de terre à isolation gazeuse, tant la pression de gaz que la tension appliquée de la source de courant peuvent être diminuées de manière à obtenir encore la durée de préarc exigée.

Au lieu de simplement diminuer la pression de gaz, l'objet d'essai peut également être rempli d'un autre milieu, tel que l'air ou l'azote.

La vitesse à l'entrée en contact ne doit pas varier de plus de 10 % du fait de la réduction de la pression de gaz ou du remplacement du gaz par un autre élément.

NOTE 1 Il peut être utile d'estimer la tension exigée à la pression réduite par la même méthode que celle décrite dans la Partie 1, afin d'obtenir la durée correcte de préarc.

NOTE 2 Dans le cas où l'on utilise une pression réduite ou un gaz alternatif, le comportement du disque de rupture ne peut pas être vérifié, étant donné que la pression transitoire peut être plus faible ou plus forte que prévu dans les conditions de service lorsque l'on utilise le gaz de service et la pression de remplissage assignée.

Méthode 3: Une source de courant à tension réduite et préarc amorcé par un fil fusible d'un diamètre maximal de 0,5 mm. Le fil fusible est exigé dans les trois phases.

NOTE 3 Certains essais supplémentaires peuvent être nécessaires pour estimer la longueur du fil fusible.

Annexe H (normative)

Exigences spécifiques relatives au sectionneur équipé de résistances dans l'appareillage sous enveloppe métallique, à isolation gazeuse

H.1 Généralités

H.1.1 Domaine d'application

La présente annexe est applicable aux sectionneurs équipés de résistances dans les appareillages sous enveloppe métallique, à isolation gazeuse. La valeur maximale de surtension transitoire très rapide (VFTO, *Very Fast Transient Overvoltage*) dans les postes sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 800 kV peut atteindre le niveau d'isolation des tensions de tenue aux chocs de foudre dans certains cas pendant la manœuvre des sectionneurs. Le but de l'intégration d'une résistance est d'atténuer la VFTO dans certains cas.

Trois types de sectionneurs différents équipés de résistances sont proposés à titre d'exemples dans la Figure H.1. La résistance peut être placée en parallèle ou en série par rapport à l'intervalle de coupure. Dans la méthode de commutation d'arc, le courant est coupé ou établi pour la résistance parallèle au cours d'une manœuvre d'ouverture par commutation de l'arc allant du contact principal au contact de la résistance.

NOTE Généralement, les résistances de valeurs comprises entre 200 Ω et 1 000 Ω sont utilisées. Le facteur d'amortissement de la surtension dépend de la résistance de la résistance et de l'impédance du réseau.

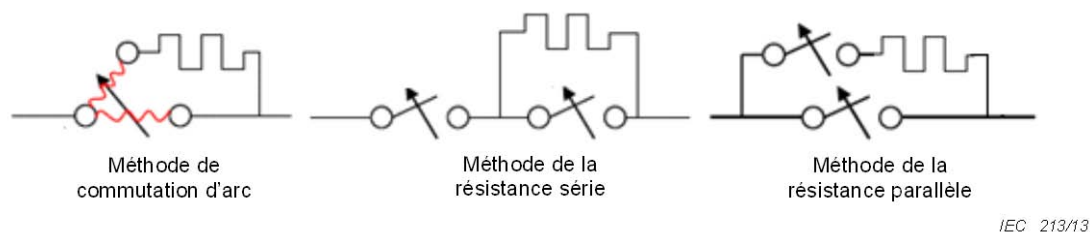


Figure H.1 – Exemples de sectionneurs équipés de résistances

H.1.2 Références normatives

Le paragraphe 1.2 de la présente norme est applicable.

H.2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la présente norme est applicable.

H.3 Définitions

L'Article 3 de la présente norme est applicable avec la modification suivante:

Terme et définition complémentaires:

3.4.106

sectionneur équipé de résistances

sectionneur équipé de résistance en série ou en parallèle aux contacts de commutation, afin d'atténuer la VFTO pendant les manœuvres d'ouverture et de fermeture dans l'appareillage sous enveloppe métallique, à isolation gazeuse

H.4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de la présente norme est applicable.

H.5 Conception et construction

L'Article 5 de la présente norme est applicable avec la modification suivante:

H.5.10 Plaques signalétiques

Ajouter:

La valeur de résistance, en Ohms, doit figurer.

H.6 Essais de type

L'Article 6 de la présente norme est applicable avec les modifications suivantes:

Ajouter:

Tous les essais de type doivent être effectués sur le sectionneur en installant la résistance en position normale.

Une mesure de la valeur ohmique de la résistance doit être effectuée avant et après les essais de type suivants, afin de s'assurer que l'intégrité de la résistance est toujours maintenue:

- essai d'endurance mécanique;
- essai de coupure de courant de jeux de barres à vide;
- essai de coupure de courant de transfert de barres.

Un contrôle visuel de la résistance doit être effectué après les essais de type. On ne doit observer aucun signe d'amorçage à travers la résistance, ni aucun dommage mécanique. Il peut être nécessaire de démonter le sectionneur en vue d'un contrôle visuel.

La capacité thermique de la résistance est vérifiée pendant les essais de coupure de courant de jeux de barres à vide et/ou de coupure de courant de transfert de barres, en fonction de la conception du sectionneur. Aucun essai supplémentaire n'est considéré comme nécessaire en vue de la vérification de la capacité thermique de la résistance.

NOTE Selon la conception, une période de refroidissement peut être nécessaire entre les manœuvres des essais de transfert de barres et de jeu de barres à vide. Ceci est déclaré par le fabricant.

H.6.102 Essais de fonctionnement et d'endurance mécanique

Ajouter:

Après les essais d'endurance mécanique, la vérification des conditions du sectionneur doit être effectuée, comme l'indique 6.102.3.2. Ceci doit comprendre un contrôle visuel de toutes

les parties du sectionneur. 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.

H.6.106 Essais de coupure de courant de transfert de barres

Ajouter:

Après les essais de coupure de courant de transfert de barres, le sectionneur doit remplir les exigences du B.6.106.9. 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.

H.6.108 Essai de coupure de courant de jeux de barres à vide

Ajouter:

Avant les essais, la résistance doit être court-circuitée ou remplacée par un conducteur à âme massive afin de vérifier les conditions du circuit d'essai décrites en F.6.5.1.1. Cet essai peut être effectué à une tension réduite afin d'éviter les dommages sur le sectionneur soumis à l'essai.

Pendant les essais, aucune décharge disruptive ne doit se produire entre phase et terre et pas non plus à travers la résistance. Il convient de détecter de manière appropriée les décharges disruptives à la terre ou à travers la résistance pendant les manœuvres au moyen de dispositifs de mesure ou de détection appropriés.

La capacité de tenue diélectrique de la résistance est vérifiée par les séquences d'essais 1 et 2 spécifiées en F.6.1.

Après les essais de coupure de courant de jeux de barres à vide, le sectionneur doit remplir les exigences du F.6.8. 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.

Bibliographie

CEI 62271-101:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 101: Essais synthétiques*

CEI 62271-305:2009, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 305: Capacitive current switching capability of air-insulated disconnectors for rated voltages above 52 kV* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch