



IEC 62271-109

Edition 2.0 2008-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 109: Alternating-current series capacitor by-pass switches**

**Appareillage à haute tension –
Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XF

ICS 29.130.10

ISBN 2-8318-1013-6

CONTENTS

FOREWORD.....	8
1 General.....	10
1.1 Scope.....	10
1.2 Normative references.....	10
2 Normal and special service conditions.....	11
3 Terms and definitions.....	11
3.1 General terms.....	11
3.2 Assemblies.....	13
3.3 Parts of assemblies.....	13
3.4 Switching devices.....	13
3.5 Parts of by-pass switches.....	15
3.6 Operation.....	17
3.7 Characteristic quantities.....	18
3.8 Definitions related to series capacitor banks.....	22
3.9 Index of definitions.....	25
4 Ratings.....	28
4.1 Rated voltage (U_r).....	28
4.2 Rated insulation level.....	29
4.2.101 Rated insulation level to earth.....	29
4.2.102 Rated insulation level across the by-pass switch.....	29
4.3 Rated frequency (f_r).....	29
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise.....	29
4.5 Rated short-time withstand current (I_k).....	29
4.6 Rated peak withstand current (I_p).....	30
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k).....	30
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	30
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits.....	30
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or by-passing and insertion.....	30
4.101 Rated operating sequence.....	30
4.102 Rated by-pass making current (I_{BP}).....	30
4.104 Rated reinsertion voltage (U_{INS}).....	31
4.105 Rated time quantities.....	32
4.106 Number of mechanical operations.....	32
5 Design and construction.....	32
5.1 Requirements for liquids in by-pass switches.....	32
5.2 Requirements for gases in by-pass switches.....	32
5.3 Earthing of by-pass switches.....	32
5.4 Auxiliary equipment.....	32
5.5 Dependent power operation.....	33
5.6 Stored energy operation.....	34
5.7 Independent manual operation.....	34
5.8 Operation of releases.....	34
5.8.1 Shunt closing releases.....	34

5.8.2	Shunt opening releases	34
5.8.3	Capacitor operation of shunt releases	34
5.8.4	Under-voltage release	34
5.8.101	Multiple releases	34
5.8.102	Operation limits of releases	34
5.8.103	Power consumption of releases	34
5.9	Low- and high-pressure interlocking devices	35
5.10	Nameplates	35
5.11	Interlocking devices	37
5.12	Position indication	37
5.13	Degrees of protection by enclosures	37
5.14	Creepage distances	37
5.15	Gas and vacuum tightness	37
5.16	Liquid tightness	37
5.17	Fire hazard (flammability)	37
5.18	Electromagnetic compatibility	37
5.19	X-ray emission	38
5.20	Corrosion	38
5.101	Requirements for simultaneity within a pole	38
5.102	General requirement for operation	38
5.103	Pressure limits of fluids for operation	38
5.104	Vent outlets	38
6	Type tests	39
6.1	General	40
6.1.1	Grouping of tests	40
6.1.2	Information for identification of specimens	40
6.1.3	Information to be included in type test reports	40
6.2	Dielectric tests	41
6.2.1	Ambient air conditions during tests	41
6.2.2	Wet test procedure	41
6.2.3	Condition of by-pass switch during dielectric tests	41
6.2.4	Criteria to pass the test	41
6.2.5	Application of test voltage and test conditions	42
6.2.6	Tests of by-pass switches of $U_{re} \leq 245$ kV or $U_{rp} \leq 245$ kV	42
6.2.7	Tests of by-pass switches of $U_{re} > 245$ kV or $U_{rp} > 245$ kV	42
6.2.8	Artificial pollution tests	43
6.2.9	Partial discharge tests	43
6.2.10	Tests on auxiliary and control circuits	43
6.2.11	Voltage test as a condition check	43
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	44
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	44
6.5	Temperature-rise tests	45
6.5.1	Conditions of the by-pass switch to be tested	45
6.5.2	Arrangement of the equipment	45
6.5.3	Measurement of the temperature and the temperature rise	45
6.5.4	Ambient air temperature	45
6.5.5	Temperature-rise tests of the auxiliary and control equipment	45
6.5.6	Interpretation of the temperature-rise tests	45

6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	45
6.6.1	Arrangement of the by-pass switch and of the test circuit	45
6.6.2	Test current and duration.....	45
6.6.3	Behaviour of the by-pass switch during test.....	45
6.6.4	Conditions of the by-pass switch after test.....	45
6.7	Verification of the degree of protection	45
6.7.1	Verification of the IP coding.....	45
6.7.2	Mechanical impact test (verification of the IK coding)	45
6.8	Tightness tests	46
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests.....	46
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	46
6.10.1	General	46
6.10.2	Functional tests	46
6.10.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	46
6.10.4	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts.....	46
6.10.5	Environmental tests	46
6.11	X-Radiation test procedure for vacuum interrupters	47
6.101	Mechanical and environmental tests	47
6.101.1	Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests	47
6.101.2	Mechanical operation test at ambient air temperature.....	49
6.101.3	Low and high temperature tests	51
6.101.4	Humidity test	55
6.101.5	Test to prove the operation under severe ice conditions	55
6.101.6	Static terminal load test.....	55
6.102	Miscellaneous provisions for by-pass making and insertion tests	57
6.102.1	General.....	57
6.102.2	Number of test specimens.....	57
6.102.3	Arrangement of by-pass switch for tests	57
6.102.4	General considerations concerning testing methods	59
6.102.5	Synthetic tests	61
6.102.6	No-load operations before tests.....	61
6.102.7	Alternative operating mechanisms.....	61
6.102.8	Behaviour of by-pass switch during tests.....	62
6.102.9	Condition of by-pass switch after tests	62
6.103	Sequence of the tests	64
6.104	By-pass making current test-duty.....	64
6.104.1	General	64
6.104.2	Characteristics of supply circuit.....	64
6.104.3	Test voltage	65
6.104.4	Test current.....	65
6.105	Insertion current test-duty.....	66
6.105.1	General	66
6.105.3	Test voltage	67
6.105.4	Test current.....	67
6.105.5	Number of operations	67
6.106	Criteria to pass the test duties	68
7	Routine tests	68
7.1	Dielectric test on the main circuit.....	68

7.2	Dielectric test on auxiliary and control circuits	69
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	69
7.4	Tightness test	69
7.5	Design and visual checks	69
7.101	Mechanical operating tests	69
8	Guide to the selection of by-pass switches for service	70
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	71
9.101	Information to be given with enquiries and orders	71
9.102	Information to be given with tenders	72
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	73
10.1	Conditions during transport, storage and installation	73
10.2	Installation	73
10.2.101	Guide for commissioning tests	73
10.2.102	Commissioning checks and test programme	74
10.3	Operation	79
10.4	Maintenance	79
10.4.101	Resistors and capacitors (if applicable)	80
11	Safety	80
12	Influence of the product on environment	80
Annex A (normative)	Tolerances on test quantities during type tests	98
Annex B (normative)	Records and reports of type tests	102
Annex C (informative)	List of symbols and abbreviations used	105
Annex D (informative)	Examples of by-pass switch ratings	107
Annex E (informative)	By-pass switches used as the primary by-passing devices	114
Annex F (informative)	Explanatory note regarding transient recovery voltage during reinsertion	115
Annex G (normative)	Use of mechanical characteristics and related requirements	125
Bibliography	127
Figure 1	– By-pass switch – Opening and closing operations	81
Figure 2	– By-pass switch – Close-open cycle	82
Figure 3	– By-pass switch – Open-close cycle	83
Figure 4	– Test sequences for low and high temperature tests	84
Figure 5	– Static terminal load forces	85
Figure 6	– Directions for static terminal load tests	86
Figure 7	– Reference mechanical travel characteristics (idealized curve)	87
Figure 8	– Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes centred over the reference curve ($\pm 5\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	87
Figure 9	– Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced upward from the reference curve (${}^{+10}_0\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	88
Figure 10	– Reference mechanical travel characteristics (idealized curve) with the prescribed envelopes fully displaced downward from the reference curve (${}^0_{-10}\%$), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	88

Figure 11 – Equivalent testing set-up for unit testing of by-pass switches with more than one separate by-pass units	89
Figure 12 – Typical test circuit for the by-pass making current test-duty	90
Figure 13 – Oscillogram obtained from the typical test circuit for the by-pass making current test-duty	91
Figure 14 – Typical LC test circuit for the insertion current test-duty	92
Figure 15 – Oscillogram obtained from the typical LC test circuit for the insertion current test-duty	93
Figure 16 – Typical test circuit for the insertion current test-duty (mainly for high rated insertion current)	94
Figure 17 – Oscillogram obtained from the typical test circuit shown in Figure 16 for the insertion current test-duty	95
Figure 18 – Typical direct test circuit for the insertion current test-duty.....	96
Figure 19 – Oscillogram obtained from the typical direct test circuit for the insertion current test-duty	97
Figure E.1 – Typical components layout for by-pass switches used as the primary by-passing device.....	114
Figure F.1 – Typical example of the transient reinsertion voltage across a by-switch for a low compensation factor scheme ($k = 0,2$) and for a power swing of 1,8 p.u.....	121
Figure F.2 – Typical example of the transient reinsertion voltage across a by-switch for an high compensation factor scheme ($k = 0,5$) and for a power swing of 1,8 p.u.	122
Figure F.3 – Comparison of the calculated transient reinsertion voltage examples and possible testing envelopes for 50 Hz systems	122
Figure F.4 – Comparison of the calculated transient reinsertion voltage examples and possible testing envelopes for 60 Hz systems	123
Table 1 – Nameplate information	36
Table 2 – Type tests	40
Table 3 – Invalid tests.....	41
Table 4 – Number of operating sequences.....	50
Table 5 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test.....	56
Table 6 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit.....	68
Table A.1 – Tolerances on test quantities for type tests	99
Table D.1 – Typical ratings for a series capacitor bank by-pass switch – Cases 1 to 6.....	108
Table D.2 – Typical series capacitor bank by-pass switch ratings – Cases 7 to 12.....	110
Table D.3 – Typical series capacitor bank by-pass switch ratings – Cases 13 to 18.....	112
Table F.1 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing nor emergency overload, $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	116
Table F.2 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	116
Table F.3 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	116
Table F.4 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	117

Table F.5 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	117
Table F.6 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	117
Table F.7 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	118
Table F.8 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 50$ Hz.....	118
Table F.9 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing nor emergency overload, $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	118
Table F.10 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	119
Table F.11 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	119
Table F.12 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems not having power swing but with an emergency overload, $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	119
Table F.13 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	120
Table F.14 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	120
Table F.15 – Typical examples of transient reinsertion voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	120
Table F.16 – Typical examples of reinsertion recovery voltages for systems having power swing, $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ and $f = 60$ Hz.....	121
Table G.1 – Summary of type tests related to mechanical characteristics	126

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 109: Alternating-current series capacitor
by-pass 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-109 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- By-passing test duty has been split with operations at rated by-pass making current I_{BP} and operations at capacitor bank discharge current $I_{DISCHARGE}$.
- Equivalence regarding applicability of test parameters (current peak and frequency) during by-pass making tests in relation with service conditions have been reviewed and changed accordingly.
- Recovery voltage waveshape during insertion test duty has been recalculated and optimized. An explanatory note on the calculation of the recovery voltage is given in Annex F.

- Withdrawal of the electrical endurance class BP2. Such devices are now covered in informative Annex E
- Addition of Annex D which gives examples of typical by-pass switch ratings.

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

FDIS	Report on voting
17A/837/FDIS	17A/844/RVD

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

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

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

This standard is to be read in conjunction with IEC 62271-100 and IEC 62271-1 (2007), to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified in this standard. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1. Amendments to these clauses and subclauses are given under the same references whilst additional subclauses are numbered from 101.

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

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

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 109: Alternating-current series capacitor by-pass switches

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to a.c. series capacitor by-pass switches designed for outdoor installation and for operation at frequencies of 50 Hz and 60 Hz on systems having voltages above 52 kV.

It is only applicable to by-pass switches for use in three-phase systems.

This standard is also applicable to the operating devices of by-pass switches and to their auxiliary equipment.

1.2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-436:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060 (all parts), *High-voltage test techniques*

IEC 60143-1:2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60143-2:1994, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60376, *Specification of technical grade sulphur hexafluoride (SF₆) for use in electrical equipment*

IEC 60480, *Guidelines for the checking and treatment of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

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

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

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

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

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

IEC 62271-303, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 303: Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	135
1 Généralités.....	137
1.1 Domaine d'application.....	137
1.2 Références normatives.....	137
2 Conditions normales et spéciales de service.....	138
3 Termes et définitions.....	138
3.1 Termes généraux.....	138
3.2 Ensembles.....	140
3.3 Parties d'ensembles.....	140
3.4 Appareils de connexion.....	140
3.5 Parties de l'interrupteur de contournement.....	142
3.6 Fonctionnement.....	144
3.7 Grandeurs caractéristiques.....	146
3.8 Définitions en rapport avec les batteries de condensateurs série.....	150
3.9 Index des définitions.....	153
4 Caractéristiques assignées.....	156
4.1 Tension assignée (U_r).....	156
4.1.101 Tension assignée par rapport à la terre (U_{re}).....	156
4.1.102 Tension assignée entre les bornes de l'interrupteur de contournement (U_{rp}).....	156
4.2 Niveau d'isolement assigné.....	157
4.2.101 Niveau d'isolement assigné par rapport à la terre.....	157
4.2.102 Niveau d'isolement assigné entre les bornes de l'interrupteur de contournement.....	157
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	157
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement.....	157
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k).....	157
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	157
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k).....	158
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a).....	158
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.....	158
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manœuvre et/ou le contournement et l'insertion.....	158
4.101 Séquence de manœuvres assignée.....	158
4.102 Courant assigné de contournement (I_{BP}).....	158
4.103 Courant assigné d'insertion (dans le circuit de contournement, I_{INS}).....	159
4.104 Tension assignée de réinsertion (U_{INS}).....	159
4.105 Durées assignées.....	160
4.106 Nombre de manœuvres mécaniques.....	160
5 Conception et construction.....	160
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les interrupteurs de contournement.....	160
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les interrupteurs de contournement.....	160
5.3 Mise à la terre des interrupteurs de contournement.....	161
5.4 Équipements auxiliaires.....	161
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	162

5.6	Manœuvre à accumulation d'énergie	162
5.7	Manœuvre manuelle indépendante.....	162
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	162
5.8.1	Déclencheurs à fermeture shunt.....	162
5.8.2	Déclencheurs à fermeture ouverture.....	162
5.8.3	Fonctionnement du condensateur des déclencheurs à shunt.....	162
5.8.4	Déclencheur à minimum de tension.....	162
5.8.101	Déclencheurs multiples	162
5.8.102	Limites de fonctionnement des déclencheurs	163
5.8.103	Puissance consommée par les déclencheurs.....	163
5.9	Verrouillages à basse et à haute pression	163
5.10	Plaques signalétiques.....	163
5.11	Verrouillages	165
5.12	Indicateur de position	165
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes.....	165
5.14	Lignes de fuite	165
5.15	Étanchéité au gaz et au vide.....	165
5.16	Étanchéité au liquide	165
5.17	Inflammabilité	166
5.18	Compatibilité électromagnétique.....	166
5.19	Émission de rayons X.....	166
5.20	Corrosion.....	166
5.101	Exigences de simultanéité au sein d'un pôle.....	166
5.102	Exigence générale de fonctionnement	166
5.103	Limites de pression des fluides pour la manœuvre.....	166
5.104	Orifices d'évacuation	167
6	Essais de type.....	167
6.1	Généralités.....	168
6.1.1	Groupement des essais	168
6.1.2	Informations pour l'identification des spécimens d'essai	168
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais de type	168
6.2	Essais diélectriques	169
6.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais.....	169
6.2.2	Modalité des essais sous pluie	169
6.2.3	Condition de l'interrupteur de contournement pendant les essais diélectriques.....	169
6.2.4	Critères de réussite des essais.....	169
6.2.5	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	170
6.2.6	Essais des interrupteurs de contournement avec $U_{re} \leq 245$ kV ou $U_{rp} \leq 245$ kV	170
6.2.7	Essais des interrupteurs de contournement avec $U_{re} > 245$ kV ou $U_{rp} > 245$ kV	170
6.2.8	Essais de pollution artificielle	171
6.2.9	Essais de décharges partielles	171
6.2.10	Essais des circuits auxiliaires et de commande	171
6.2.11	Essais de tension comme vérification d'état.....	171
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique.....	173
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	173
6.5	Essais d'échauffement	173

6.5.1	État de l'interrupteur de contournement en essai	173
6.5.2	Disposition de l'appareil.....	173
6.5.3	Mesurage de la température et de l'échauffement.....	173
6.5.4	Température de l'air ambiant	173
6.5.5	Essais d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande	173
6.5.6	Interprétation des essais d'échauffement.....	173
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	173
6.6.1	Disposition de l'interrupteur de contournement et du circuit d'essai	173
6.6.2	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	174
6.6.3	Comportement de l'interrupteur de contournement pendant l'essai	174
6.6.4	État de l'interrupteur de contournement après l'essai	174
6.7	Vérification du degré de protection	174
6.7.1	Vérification de la codification IP	174
6.7.2	Essai aux impacts mécaniques (vérification de la codification IK)	174
6.8	Essais d'étanchéité	174
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	174
6.10	Essais additionnels des circuits auxiliaires et de commande	175
6.10.1	Général	175
6.10.2	Essais fonctionnels.....	175
6.10.3	Essai de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre	175
6.10.4	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	175
6.10.5	Essais d'environnement.....	175
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	175
6.101	Essais mécaniques et climatiques	175
6.101.1	Dispositions diverses pour les essais mécaniques et climatiques	175
6.101.2	Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant.....	178
6.101.3	Essais à haute et à basse températures	180
6.101.4	Essai à l'humidité	184
6.101.5	Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace.....	184
6.101.6	Essai avec efforts statiques sur les bornes.....	184
6.102	Dispositions diverses pour les essais de contournement et d'insertion.....	186
6.102.1	Généralités	187
6.102.2	Nombre de spécimens d'essai	187
6.102.3	Disposition de l'interrupteur de contournement pour les essais	187
6.102.4	Considérations générales concernant les méthodes d'essai	189
6.102.5	Essais synthétiques	191
6.102.6	Manœuvres à vide avant les essais.....	191
6.102.7	Mécanismes d'entraînement différents	191
6.102.8	Comportement de l'interrupteur de contournement pendant les essais	192
6.102.9	État de l'interrupteur de contournement après les essais.....	193
6.103	Séquence des essais.....	194
6.104	Séquence d'essais d'établissement du courant de contournement	195
6.104.1	Généralités	195
6.104.2	Caractéristiques du circuit d'alimentation	195

6.104.3	Tension d'essai	195
6.104.4	Courant d'essai	195
6.105	Séquence d'essai de courant d'insertion	196
6.105.1	Généralités	196
6.105.2	Caractéristiques du circuit d'alimentation	197
6.105.3	Tension d'essai	197
6.105.4	Courant d'essai	197
6.105.5	Nombre de manœuvres	198
6.106	Critères de réussite des séquences d'essais	199
7	Essais individuels	199
7.1	Essais diélectriques du circuit principal.....	199
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	200
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	200
7.4	Essai d'étanchéité	200
7.5	Contrôles visuels et du modèle	200
7.101	Essais de fonctionnement mécanique	200
8	Guide pour le choix des interrupteurs de contournement selon le service	202
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	202
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	202
9.102	Renseignements à donner avec les soumissions	203
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance	205
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	205
10.2	Installation	205
10.2.101	Guide pour les essais de mise en service	205
10.2.102	Programme d'essais et de vérifications à la mise en service	206
10.3	Fonctionnement.....	212
10.4	Maintenance.....	212
10.4.101	Résistances et condensateurs (si applicable).....	212
11	Sécurité.....	212
12	Influence du produit sur l'environnement	212
	Annexe A (normative) Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	230
	Annexe B (normative) Enregistrement et comptes rendus des essais de type	234
	Annexe C (informative) Liste des symboles et des abréviations utilisés	237
	Annexe D (informative) Exemples de caractéristiques d'un interrupteur de contournement.....	239
	Annexe E (informative) Interrupteurs de contournement utilisés comme dispositifs de contournement primaires	246
	Annexe F (informative) Note explicative concernant la tension de rétablissement transitoire pendant la réinsertion.....	248
	Annexe G (normative) Utilisation de caractéristiques mécaniques et exigences liées.....	259
	Bibliographie.....	261
	Figure 1 – Interrupteur de contournement – Manœuvres d'ouverture et de fermeture.....	213
	Figure 2 – Interrupteur de contournement – Cycle de fermeture-ouverture.....	214
	Figure 3 – Interrupteur de contournement – Cycle d'ouverture-fermeture	215
	Figure 4 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute températures	216

Figure 5 – Efforts statiques sur les bornes.....	217
Figure 6 – Directions pour les essais d’efforts statiques sur les bornes.....	218
Figure 7 – Caractéristiques de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée).....	219
Figure 8 – Caractéristiques de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec les enveloppes prescrites centrées autour de la courbe de référence ($\pm 5\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	219
Figure 9 – Caractéristiques de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec les enveloppes prescrites déplacées totalement vers la haut par rapport à la courbe de référence ($^{+10}_0\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	220
Figure 10 – Caractéristiques de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec les enveloppes prescrites déplacées totalement vers le bas par rapport à la courbe de référence ($_{-10}^0\%$), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	220
Figure 11 – Montage d’essai équivalent pour les essais sur éléments séparés des interrupteurs de contournement ayant plus d’un élément de contournement.....	221
Figure 12 – Circuit d’essai typique pour une séquence d’essai d’établissement du courant de contournement.....	222
Figure 13 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d’essai typique pour une séquence d’essai d’établissement de courant de contournement.....	223
Figure 14 – Circuit d’essai LC typique pour la séquence d’essai de courant d’insertion.....	224
Figure 15 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d’essai LC typique pour la séquence d’essai de courant d’insertion.....	225
Figure 16 – Circuit d’essai typique pour la séquence d’essai de courant d’insertion (principalement pour un courant d’insertion assigné élevé).....	226
Figure 17 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d’essai typique présenté à la Figure 16 pour la séquence d’essai de courant d’insertion.....	227
Figure 18 – Circuit d’essai direct typique pour la séquence d’essai de courant d’insertion.....	228
Figure 19 – Oscillogramme obtenu avec le circuit d’essai direct typique pour la séquence d’essai de courant d’insertion.....	229
Figure E.1 – Implantation type des composants pour les interrupteurs de contournement utilisés comme dispositifs de contournement primaires.....	246
Figure F.1 – Exemple typique de tension transitoire de réinsertion entre les bornes d’un interrupteur de contournement pour une installation à faible facteur de compensation ($k = 0,2$) et pour une oscillation de puissance de 1,8 p.u.....	255
Figure F.2 – Exemple typique de tension transitoire de réinsertion entre les bornes d’un interrupteur de contournement pour une installation à facteur de compensation élevé ($k = 0,5$) et pour une oscillation de puissance de 1,8 p.u.....	255
Figure F.3 – Comparaison des exemples de tensions transitoires de réinsertion calculées et enveloppes d’essais possibles pour les réseaux à 50 Hz.....	256
Figure F.4 – Comparaison des exemples de tensions transitoires de réinsertion calculées et enveloppes d’essais possibles pour les réseaux à 60 Hz.....	257
Tableau 1 – Informations sur la plaque signalétique.....	164
Tableau 2 – Essais de type.....	168
Tableau 3 – Essais non valables.....	169
Tableau 4 – Nombre de séquences de manœuvres.....	179

Tableau 5 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques aux bornes	186
Tableau 6 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal	199
Tableau A.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	231
Tableau D.1 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série – Cas 1 à 6	240
Tableau D.2 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série – Cas 7 à 12	242
Tableau D.3 – Caractéristiques typiques d'un interrupteur de contournement pour batterie de condensateurs série – Cas 13 à 18	244
Tableau F.1 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance ni surcharge d'urgence $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	249
Tableau F.2 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	249
Tableau F.3 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	250
Tableau F.4 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	250
Tableau F.5 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	250
Tableau F.6 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	251
Tableau F.7 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	251
Tableau F.8 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 50$ Hz	251
Tableau F.9 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance ni surcharge d'urgence $I_{load} = 1,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	252
Tableau F.10 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,2$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	252
Tableau F.11 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,4$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	252
Tableau F.12 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux sans oscillation de puissance, mais avec une surcharge d'urgence $I_{load} = 1,6$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	253
Tableau F.13 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 1,8$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	253
Tableau F.14 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,0$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz	253

Tableau F.15 – Exemples typiques de tensions transitoires de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,3$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	254
Tableau F.16 – Exemples typiques de tensions de rétablissement de réinsertion pour des réseaux avec oscillation de puissance $I_{load} = 2,5$ p.u.; $U_{PL} = 2,2$ p.u.; $\beta = 0,85$ et $f = 60$ Hz.....	254
Tableau G.1 – Résumé des essais de type liés aux caractéristiques mécaniques	260

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-109 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 2006, dont elle constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- La séquence d'essais d'établissement du courant de contournement a été séparée avec des opérations au courant assigné d'établissement du courant de contournement I_{BP} et des opérations au courant de décharge de la batterie de condensateurs $I_{DÉCHARGE}$
- L'équivalence concernant l'applicabilité des paramètres d'essais (courant crête et fréquence) durant les essais d'établissement du courant de contournement en relation avec les conditions de service ont été revues et changées en conséquence.

- La forme de la tension de rétablissement durant la séquence d'essais de courant d'insertion a été recalculée et optimisée. Une note explicative sur le calcul de la tension de rétablissement est donnée à l'Annexe F.
- Élimination de la classe d'endurance électrique BP2. Ces appareils sont maintenant couverts par l'Annexe E.
- Ajout de l'Annexe D qui donne des exemples de caractéristiques typiques d'interrupteurs de contournement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/837/FDIS	17A/844/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, présentées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 62271-100 et la CEI 62271-1 (2007), à laquelle elle fait référence et qui est applicable sauf spécification particulière dans la présente norme. Pour faciliter le repérage des exigences correspondantes, cette norme utilise une numérotation identique des articles et des paragraphes à celle de la CEI 62271-1. Les modifications de ces articles et de ces paragraphes ont des références identiques; les paragraphes supplémentaires qui n'ont pas d'équivalent dans la CEI 62271-1, sont numérotés à partir de 101.

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

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

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 109: Interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 est applicable aux interrupteurs de contournement pour condensateurs série à courant alternatif conçus pour l'installation à l'extérieur et pour fonctionner à des fréquences de 50 Hz à 60 Hz, sur des réseaux de tensions supérieures à 52 kV.

Elle s'applique uniquement aux interrupteurs de contournement destinés à être utilisés dans les systèmes triphasés.

Cette norme est également applicable aux dispositifs de commande des interrupteurs de contournement et à leurs équipements auxiliaires.

1.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-436:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050-441:1984, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050-604:1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060 (toutes les parties), *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

CEI 60143-2:1994, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

CEI 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60376, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour utilisation dans les appareils électriques*

CEI 60480, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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

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

CEI 62271-101, *Appareillage à haute tension – Partie 101: Essais synthétiques*

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

CEI 62271-303, *Appareillage à haute tension – Partie 303: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆)*