

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Appareillage à haute tension –
Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CV

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-0403-0

**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.....	20
1 General	22
1.1 Scope	22
1.2 Normative references	23
2 Normal and special service conditions	24
3 Terms and definitions	24
3.1 General terms	24
3.2 Assemblies	28
3.3 Parts of assemblies	28
3.4 Switching devices	28
3.5 Parts of circuit-breakers	30
3.6 Operation	32
3.7 Characteristic quantities	35
3.8 Index of definitions	41
4 Ratings	45
4.1 Rated voltage (U_r)	46
4.2 Rated insulation level	46
4.3 Rated frequency (f_r)	47
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise	48
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	48
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	48
4.7 Rated duration of short circuit (t_k)	48
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	48
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits	48
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or interruption	48
4.101 Rated short-circuit breaking current (I_{SC})	49
4.101.1 AC component of the rated short-circuit breaking current	49
4.101.2 DC time constant of the rated short-circuit breaking current	49
4.102 Transient recovery voltage related to the rated short-circuit breaking current	50
4.102.1 Representation of TRV waves	50
4.102.2 Representation of TRV	51
4.102.3 Standard values of TRV related to the rated short-circuit breaking current	54
4.102.4 Standard values of ITRV	61
4.103 Rated short-circuit making current	61
4.104 Rated operating sequence	62
4.105 Characteristics for short-line faults	63
4.106 Rated out-of-phase making and breaking current	64
4.107 Rated capacitive switching currents	65
4.107.1 Rated line-charging breaking current	66
4.107.2 Rated cable-charging breaking current	66
4.107.3 Rated single capacitor bank breaking current	66
4.107.4 Rated back-to-back capacitor bank breaking current	67
4.107.5 Rated single capacitor bank inrush making current	67

4.108	Inductive load switching	67
4.109	Rated time quantities	67
4.109.1	Rated break-time	68
4.110	Number of mechanical operations	70
4.111	Classification of circuit-breakers as a function of electrical endurance	70
5	Design and construction	70
5.1	Requirements for liquids in circuit-breakers	70
5.2	Requirements for gases in circuit-breakers	70
5.3	Earthing of circuit-breakers	70
5.4	Auxiliary equipment	70
5.5	Dependent power closing	71
5.6	Stored energy closing	71
5.7	Independent manual operation	71
5.8	Operation of releases	72
5.8.101	Over-current release	72
5.8.101.1	Operating current	72
5.8.101.2	Operating time	72
5.8.101.3	Resetting current	72
5.8.102	Multiple releases	72
5.8.103	Operation limits of releases	72
5.8.104	Power consumption of releases	72
5.8.105	Integrated relays for self-tripping circuit-breakers	73
5.9	Low- and high-pressure interlocking devices	73
5.10	Nameplates	73
5.11	Interlocking devices	75
5.12	Position indication	75
5.13	Degrees of protection by enclosures	75
5.14	Creepage distances	75
5.15	Gas and vacuum tightness	75
5.16	Liquid tightness	75
5.17	Fire hazard (flammability)	75
5.18	Electromagnetic compatibility	75
5.19	X-ray emission	76
5.20	Corrosion	76
5.101	Requirements for simultaneity of poles during single closing and single opening operations	76
5.102	General requirement for operation	76
5.103	Pressure limits of fluids for operation	76
5.104	Vent outlets	77
6	Type tests	77
6.1	General	79
6.1.1	Grouping of tests	79
6.1.2	Information for identification of specimens	79
6.1.3	Information to be included in type test reports	79
6.1.101	Invalid tests	79
6.2	Dielectric tests	80
6.2.1	Ambient air conditions during tests	80
6.2.2	Wet test procedure	80
6.2.3	Condition of circuit-breaker during dielectric tests	80

6.2.4	Criteria to pass the test.....	80
6.2.5	Application of test voltage and test conditions.....	80
6.2.6	Tests of circuit-breakers of $U_r \leq 245$ kV	81
6.2.7	Tests of circuit-breakers of $U_r > 245$ kV	81
6.2.8	Artificial pollution tests.....	82
6.2.9	Partial discharge tests	82
6.2.10	Tests on auxiliary and control circuits	82
6.2.11	Voltage test as a condition check.....	82
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	85
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	85
6.5	Temperature-rise tests.....	85
6.5.1	Conditions of the circuit-breaker to be tested	85
6.5.2	Arrangement of the equipment.....	85
6.5.3	Measurement of the temperature and the temperature rise	85
6.5.4	Ambient air temperature	85
6.5.5	Temperature-rise tests of the auxiliary and control equipment.....	85
6.5.6	Interpretation of the temperature-rise tests	85
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	85
6.6.1	Arrangement of the circuit-breaker and of the test circuit	86
6.6.2	Test current and duration.....	86
6.6.3	Behaviour of the circuit-breaker during test.....	86
6.6.4	Conditions of the circuit-breaker after test	86
6.7	Verification of the degree of protection	86
6.7.1	Verification of the IP coding	86
6.7.2	Mechanical impact test	86
6.8	Tightness tests	86
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	87
6.9.3.1	Ripple on d.c. input power port immunity test.....	87
6.9.3.2	Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests	87
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits.....	87
6.10.1	General	87
6.10.2	Functional tests	87
6.10.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	87
6.10.4	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts	87
6.10.5	Environmental tests	87
6.101	Mechanical and environmental tests	88
6.101.1	Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests	88
6.101.1.1	Mechanical characteristics.....	88
6.101.1.2	Component tests.....	88
6.101.1.3	Characteristics and settings of the circuit-breaker to be recorded before and after the tests	89
6.101.1.4	Condition of the circuit-breaker during and after the tests	89
6.101.1.5	Condition of the auxiliary and control equipment during and after the tests	90
6.101.2	Mechanical operation test at ambient air temperature	90
6.101.2.1	General	90
6.101.2.2	Condition of the circuit-breaker before the test.....	90
6.101.2.3	Description of the test on class M1 circuit-breakers	91

6.101.2.4	Extended mechanical endurance tests on class M2 circuit-breakers for special service requirements	91
6.101.2.5	Acceptance criteria for the mechanical operation tests	92
6.101.3	Low and high temperature tests	92
6.101.3.1	General	92
6.101.3.2	Measurement of ambient air temperature	93
6.101.3.3	Low temperature test	93
6.101.3.4	High-temperature test	95
6.101.4	Humidity test	96
6.101.4.1	General	96
6.101.4.2	Test procedure	96
6.101.5	Test to prove the operation under severe ice conditions	97
6.101.6	Static terminal load test	97
6.101.6.1	General	97
6.101.6.2	Tests	98
6.102	Miscellaneous provisions for making and breaking tests	99
6.102.1	General	99
6.102.2	Number of test specimens	100
6.102.3	Arrangement of circuit-breaker for tests	101
6.102.3.1	General	101
6.102.3.2	Common enclosure type	102
6.102.3.3	Multi-enclosure type	102
6.102.3.4	Self-tripping circuit-breakers	102
6.102.4	General considerations concerning testing methods	102
6.102.4.1	Single-phase testing of a single pole of a three-pole circuit-breaker	102
6.102.4.2	Unit testing	103
6.102.4.2.1	Identical nature of the units	105
6.102.4.2.2	Voltage distribution	105
6.102.4.2.3	Requirements for unit testing	106
6.102.4.3	Multi-part testing	106
6.102.5	Synthetic tests	106
6.102.6	No-load operations before tests	107
6.102.7	Alternative operating mechanisms	107
6.102.8	Behaviour of circuit-breaker during tests	108
6.102.9	Condition of circuit-breaker after tests	108
6.102.9.1	General	108
6.102.9.2	Condition after a short-circuit test-duty	109
6.102.9.3	Condition after a short-circuit test series	109
6.102.9.4	Condition after a capacitive current switching test series	110
6.102.9.5	Reconditioning after a short-circuit test-duty and other test series	111
6.102.10	Demonstration of arcing times	111
6.102.10.1	Three-phase tests	111
6.102.10.1.1	Test-duty T10, T30, T60, T100s, T100s(b), OP1 and OP2	111
6.102.10.1.2	Test-duty T100a	112
6.102.10.2	Single-phase tests in substitution for three-phase conditions	113
6.102.10.2.1	Non-effectively earthed neutral systems	113
6.102.10.2.1.1	Test-duties T10, T30, T60, T100s and T100s(b), OP1 and OP2	113
6.102.10.2.1.2	Test-duty T100a	114

6.102.10.2.2	Effectively earthed neutral systems including short-line fault tests	125
6.102.10.2.2.1	Test-duties T10, T30, T60, T100s and T100s(b), OP1 and OP2, L ₉₀ , L ₇₅ and L ₆₀	125
6.102.10.2.2.2	Test-duty T100a	125
6.102.10.2.3	Modified procedure in cases where the circuit-breaker failed to interrupt during a test with a medium arcing time	125
6.102.10.2.3.1	Breaking test with symmetrical current	125
6.102.10.2.3.2	Breaking test with asymmetrical current	126
6.102.10.2.4	Tests combining the conditions for effectively and non-effectively earthed neutral systems	126
6.102.10.2.5	Splitting of test-duties in test series taking into account the associated TRV for each pole-to-clear	126
6.103	Test circuits for short-circuit making and breaking tests	127
6.103.1	Power factor	127
6.103.2	Frequency	127
6.103.3	Earthing of test circuit	127
6.103.4	Connection of test circuit to circuit-breaker	129
6.104	Short-circuit test quantities	129
6.104.1	Applied voltage before short-circuit making tests	129
6.104.2	Short-circuit making current	129
6.104.2.1	General	129
6.104.2.2	Test procedure	130
6.104.2.2.1	Three-phase tests	130
6.104.2.2.2	Single-phase tests	130
6.104.3	Short-circuit breaking current	131
6.104.4	DC component of short-circuit breaking current	131
6.104.5	Transient recovery voltage (TRV) for short-circuit breaking tests	132
6.104.5.1	General	132
6.104.5.2	Test-duties T100s and T100a	137
6.104.5.3	Test duty T60	138
6.104.5.4	Test duty T30	138
6.104.5.5	Test duty T10	138
6.104.5.6	Test-duties OP1 and OP2	139
6.104.6	Measurement of transient recovery voltage during test	139
6.104.7	Power frequency recovery voltage	147
6.105	Short-circuit test procedure	147
6.105.1	Time interval between tests	147
6.105.2	Application of auxiliary power to the opening release – Breaking tests	148
6.105.3	Application of auxiliary power to the opening release – Make-break tests	148
6.105.4	Latching on short-circuit	148
6.106	Basic short-circuit test-duties	149
6.106.1	Test-duty T10	149
6.106.2	Test-duty T30	149
6.106.3	Test-duty T60	149
6.106.4	Test-duty T100s	149
6.106.4.1	Time constant of the d.c. component of the test circuit equal to the specified value	150

6.106.4.2	Time constant of the d.c. component of the test circuit less than the specified value	150
6.106.4.3	Time constant of the d.c. component of the test circuit greater than the specified value	151
6.106.4.4	Significant decay of the a.c. component of the test circuit	151
6.106.5	Test-duty T100a	153
6.106.6	Asymmetry criteria	153
6.106.6.1	Three-phase tests	154
6.106.6.1.1	Test current amplitude and last current loop duration	154
6.106.6.1.2	Percentage of d.c. component at current zero	154
6.106.6.2	Single-phase tests	155
6.106.6.2.1	Test current amplitude and last current loop duration	155
6.106.6.2.2	Percentage of the d.c. component at current zero	155
6.106.6.3	Adjustment measures	155
6.107	Critical current tests	156
6.107.1	Applicability	156
6.107.2	Test current	156
6.107.3	Critical current test-duty	156
6.108	Single-phase and double-earth fault tests	156
6.108.1	Applicability	156
6.108.2	Test current and recovery voltage	157
6.108.3	Test-duty	157
6.109	Short-line fault tests	158
6.109.1	Applicability	158
6.109.2	Test current	158
6.109.3	Test circuit	159
6.109.4	Test-duties	161
6.109.5	Short-line fault tests with a test supply of limited power	162
6.110	Out-of-phase making and breaking tests	162
6.110.1	Test circuit	162
6.110.2	Test voltage	163
6.110.3	Test-duties	163
6.111	Capacitive current switching tests	164
6.111.1	Applicability	164
6.111.2	General	164
6.111.3	Characteristics of supply circuits	165
6.111.4	Earthing of the supply circuit	165
6.111.5	Characteristics of the capacitive circuit to be switched	166
6.111.5.1	Line-charging and cable-charging current switching tests	166
6.111.5.2	Capacitor bank current switching tests	167
6.111.6	Waveform of the current	167
6.111.7	Test voltage	167
6.111.8	Test current	168
6.111.9	Test-duties	168
6.111.9.1	Test conditions for class C2 circuit-breakers	169
6.111.9.1.1	Class C2 test-duties	169
6.111.9.1.2	Three-phase line-charging and cable-charging current switching tests	171
6.111.9.1.3	Single-phase line-charging and cable-charging current switching tests	172

6.111.9.1.4	Three-phase capacitor bank (single or back-to-back) current switching tests	172
6.111.9.1.5	Single-phase capacitor bank (single or back-to-back) current switching tests	173
6.111.9.2	Test conditions for class C1 circuit-breakers	173
6.111.9.2.1	Class C1 test-duties	173
6.111.9.2.2	Single-phase and three-phase capacitive current switching tests	175
6.111.9.3	Test conditions corresponding to breaking in the presence of earth faults	176
6.111.10	Tests with specified TRV	176
6.111.11	Criteria to pass the test	177
6.111.11.1	General	177
6.111.11.2	Class C2 circuit-breaker	177
6.111.11.3	Class C1 circuit-breaker	178
6.111.11.4	Criteria for reclassification of a circuit-breaker tested to the class C2 requirements as a class C1 circuit-breaker	178
6.112	Special requirements for making and breaking tests on class E2 circuit-breakers	178
6.112.1	Class E2 circuit-breakers intended for use without auto-reclosing duty	178
6.112.2	Class E2 circuit-breakers intended for auto-reclosing duty	179
7	Routine tests	180
7.1	Dielectric test on the main circuit	180
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	180
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	180
7.4	Tightness test	180
7.5	Design and visual checks	180
7.101	Mechanical operating tests	181
8	Guidance to the selection of circuit-breakers for service	182
8.101	General	182
8.102	Selection of rated values for service conditions	184
8.102.1	Selection of rated voltage	184
8.102.2	Insulation coordination	184
8.102.3	Rated frequency	185
8.102.4	Selection of rated normal current	185
8.102.5	Local atmospheric and climatic conditions	185
8.102.6	Use at high altitudes	186
8.103	Selection of rated values for fault conditions	186
8.103.1	Selection of rated short-circuit breaking current	186
8.103.2	Selection of transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, first-pole-to-clear factor and characteristics for short-line faults	188
8.103.3	Selection of out-of-phase characteristics	189
8.103.4	Selection of rated short-circuit making current	190
8.103.5	Operating sequence in service	190
8.103.6	Selection of rated duration of short-circuit	191
8.103.7	Faults in the presence of current limiting reactors	191
8.104	Selection for electrical endurance in networks of rated voltage above 1 kV and up to and including 52 kV	192
8.105	Selection for capacitive current switching	192
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	192

9.101	Information to be given with enquiries and orders	192
9.102	Information to be given with tenders	193
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	195
10.1	Conditions during transport, storage and installation.....	195
10.2	Installation.....	195
10.2.101	Commissioning tests.....	195
10.2.102	Commissioning checks and test programme	196
10.2.102.1	Checks after installation	196
10.2.102.1.1	General checks	196
10.2.102.1.2	Checks of electrical circuits	196
10.2.102.1.3	Checks of the insulation and/or extinguishing fluid(s)	196
10.2.102.1.4	Checks on operating fluid(s), where filled or added to on site	197
10.2.102.1.5	Site operations	197
10.2.102.2	Mechanical tests and measurements	197
10.2.102.2.1	Measurements of the characteristic insulating and/or interrupting fluid pressures (where applicable)	197
10.2.102.2.1.1	General	197
10.2.102.2.1.2	Measurements to be taken.....	197
10.2.102.2.2	Measurements of characteristic operating fluid pressures (if applicable)	197
10.2.102.2.2.1	General	197
10.2.102.2.2.2	Measurements to be taken.....	198
10.2.102.2.3	Measurement of consumption during operations (if applicable).....	198
10.2.102.2.4	Verification of the rated operating sequence	198
10.2.102.2.5	Measurement of time quantities	199
10.2.102.2.5.1	Characteristic time quantities of the circuit-breaker.....	199
10.2.102.2.6	Record of mechanical travel characteristics	200
10.2.102.2.7	Checks of certain specific operations	200
10.2.102.2.7.1	Auto-reclosing at the minimum functional pressure for operation (if applicable).....	200
10.2.102.2.7.2	Closing at the minimum functional pressure for operation (if applicable)	200
10.2.102.2.7.3	Opening at the minimum functional pressure for operation (if applicable)	200
10.2.102.2.7.4	Simulation of fault-making operation and check of anti- pumping device	200
10.2.102.2.7.5	Behaviour of the circuit-breaker on a closing command while an opening command is already present.....	201
10.2.102.2.7.6	Application of an opening command on both releases simultaneously (if applicable)	201
10.2.102.3	Electrical tests and measurements	201
10.2.102.3.1	Dielectric tests.....	201
10.2.102.3.2	Measurement of the resistance of the main circuit	201
10.3	Operation	201
10.4	Maintenance	201
11	Safety.....	202
12	Influence of the product on the environment	202

Annex A (normative)	Calculation of transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics	260
---------------------	--	-----

A.1 Basic approach.....	260
A.2 Transient voltage on line side	262
A.3 Transient voltage on source side	262
A.3.1 Rated voltages of 100 kV and above.....	262
A.3.2 Rated voltages equal and higher than 15 kV and below 100 kV	264
A.4 Examples of calculations	264
A.4.1 Source side and line side with time delay (L_{g0} and L_{75} for 245 kV, 50 kA, 50 Hz)	265
A.4.2 Source side with ITRV, line side with time delay (L_{g0} for 245 kV, 50 kA, 50 Hz)	266
A.4.3 Source side with time delay, line side without time delay (L_{g0} for 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Calculation carried out using a simplified method	266
Annex B (normative) Tolerances on test quantities during type tests.....	270
Annex C (normative) Records and reports of type tests	281
C.1 Information and results to be recorded	281
C.2 Information to be included in type test reports	281
C.2.1 General	281
C.2.2 Apparatus tested	281
C.2.3 Rated characteristics of circuit-breaker, including its operating devices and auxiliary equipment.....	281
C.2.4 Test conditions (for each series of tests)	282
C.2.5 Short-circuit making and breaking tests	282
C.2.6 Short-time withstand current test	283
C.2.7 No-load operation	283
C.2.8 Out-of-phase making and breaking tests.....	283
C.2.9 Capacitive current switching tests.....	283
C.2.10 Oscillographic and other records	284
Annex D (normative) Determination of short-circuit power factor	285
D.1 Method I – Calculation from d.c. component	285
D.1.1 Equation for the d.c. component	285
D.1.2 Phase angle φ	285
D.2 Method II – Determination with pilot generator.....	285
Annex E (normative) Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters.....	287
E.1 Introduction	287
E.2 Drawing the envelope	287
E.3 Determination of parameters	288
Annex F (normative) Methods of determining prospective transient recovery voltage waves.....	291
F.1 Introduction	291
F.2 General summary of the recommended methods	292
F.3 Detailed consideration of the recommended methods	293
F.3.1 Group 1 – Direct short-circuit breaking	293
F.3.2 Group 2 – Power-frequency current injection	294
F.3.3 Group 3 – Capacitor current injection.....	295
F.3.4 Groups 2 and 3 – Methods of calibration.....	295
F.3.5 Group 4 – Model networks	296
F.3.6 Group 5 – Calculation from circuit parameters	297

F.3.7 Group 6 – No-load switching of test circuits including transformers	297
F.3.8 Group 7 – Combination of different methods	297
F.4 Comparison of methods	297
Annex G (normative) Rationale behind introduction of circuit-breakers class E2	307
Annex H (informative) Inrush currents of single and back-to-back capacitor banks	308
H.1 General	308
H.2 Example 1 – One capacitor to be switched in parallel (see Figure H.1)	309
H.2.1 Description of the capacitor banks to be switched	309
H.2.2 Calculation without any limitation device	309
H.2.3 Calculation of limitation devices	309
H.3 Example 2 – Two capacitors to be switched in parallel (see Figure H.2)	310
H.3.1 Description of the capacitor banks to be switched	310
H.3.2 Calculation without any limitation device	310
H.3.3 Calculation of limitation devices	311
Annex I (informative) Explanatory notes	313
I.1 General	313
I.2 Explanatory note regarding the d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current (4.101.2) – Advice for the choice of the appropriate time constant	313
I.2.1 Advice for the choice of the appropriate time constant	313
I.2.2 DC component during T100a testing	313
I.3 Explanatory note regarding capacitive current switching tests (6.111)	315
I.3.1 Restrike performance	315
I.3.2 Test programme	315
I.3.3 Referring to Table 9	315
I.3.4 Referring to 6.111.1	315
I.3.5 Referring to 6.111.3	315
I.3.6 Referring to 6.111.5	316
I.3.7 Referring to 6.111.9.1.1	316
I.3.8 Referring to 6.111.9.1.1 and 6.111.9.2.1	316
I.3.9 Referring to 6.111.9.1.2 and 6.111.9.1.3	316
I.3.10 Referring to 6.111.9.1.2 to 6.111.9.1.5	316
I.3.11 Referring to 6.111.9.1.4 and 6.111.9.1.5	317
I.3.12 Referring to 6.111.9.2	317
Annex J (informative) Test current and line length tolerances for short-line fault testing	318
Annex K (informative) List of symbols and abbreviations used in this standard	320
Annex L (informative) Explanatory notes on the revision of TRVs for circuit-breakers of rated voltages higher than 1 kV and less than 100 kV	327
L.1 General	327
L.2 Terminal fault	327
L.2.1 TRV for circuit-breakers in line systems	327
L.2.2 Time delay	328
L.2.3 Amplitude factor for T100s and T100a	328
L.2.4 Amplitude factor for T60, T30 and T10	328
L.3 Short-line fault	329
L.4 Out-of-phase	329
L.5 Series reactor fault	329
L.6 TRV for last clearing poles / Tests circuit topology	330

Annex M (normative) Requirements for breaking of transformer-limited faults by circuit-breakers with rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV	331
M.1 General	331
M.2 Circuit-breakers with rated voltage less than 100 kV.....	332
M.3 Circuit-breakers with rated voltage from 100 kV to 800 kV	334
M.4 Circuit-breakers with rated voltage higher than 800 kV	334
Annex N (normative) Use of mechanical characteristics and related requirements	336
Annex O (informative) Guidance for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	338
O.1 Introduction	338
O.2 General	338
O.2.1 Special features of metal-enclosed circuit-breakers with respect to making and breaking tests	338
O.2.2 Reduced number of units for testing purposes	338
O.2.3 General description of special features and possible interactions	339
O.3 Tests for single pole in one enclosure	340
O.3.1 Short-circuit making and breaking tests	340
O.3.2 Short-line fault tests	342
O.3.3 Capacitive current switching tests.....	342
O.3.4 Out-of-phase switching	344
O.4 Tests for three poles in one enclosure	345
O.4.1 Terminal fault tests	345
O.4.2 Short-line fault tests	347
O.4.3 Capacitive current switching tests.....	347
O.4.4 Out-of-phase switching test	347
Annex P (normative) Calculation of the TRV parameters during asymmetrical fault condition (T100a).....	350
Annex Q (informative) Examples for the application of the asymmetry criteria during asymmetrical test-duty T100a	355
Q.1 Three-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current constant longer than the test circuit time constant.....	355
Q.2 Single phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current shorter than the test circuit time constant.....	357
Q.3 Single-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant	358
Annex R (normative) Requirements for circuit-breakers with opening resistors	363
R.1 General	363
R.2 Switching performance to be verified	363
R.2.1 General	363
R.2.2 Tests of the main interrupter.....	364
R.2.3 Tests on the resistor interrupter	373
R.2.4 Tests of the resistor stack.....	375
R.3 Insertion time of the resistor	376
R.4 Current carrying performance	376
R.5 Dielectric performance.....	376
R.6 Mechanical performance.....	376
R.7 Requirements for the specification of opening resistors	376

R.8 Examples of recovery voltage waveshapes	376
R.8.1 General	376
R.8.2 Terminal faults	377
R.8.3 Line-charging current breaking	379
Bibliography	380
Figure 1 – Typical oscillogram of a three-phase short-circuit make-break cycle	203
Figure 2 – Circuit-breaker without switching resistors. Opening and closing operations	205
Figure 3 – Circuit breaker without switching resistors – Close-open cycle	206
Figure 4 – Circuit-breaker without switching resistors – Reclosing (auto-reclosing)	207
Figure 5 – Circuit-breaker with switching resistors. Opening and closing operations	208
Figure 6 – Circuit-breaker with switching resistors – Close-open cycle	209
Figure 7 – Circuit-breaker with switching resistors – Reclosing (auto-reclosing)	210
Figure 8 – Determination of short-circuit making and breaking currents, and of percentage d.c. component	211
Figure 9 – Percentage d.c. component in relation to the time interval from the initiation of the short-circuit for the standard different time constants τ_1 and for the special case time constants τ_2, τ_3 and τ_4	212
Figure 10 – Representation of a specified four-parameter TRV and a delay line for T100, T60, short-line fault and out-of-phase condition	213
Figure 11 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line	213
Figure 12a – Basic circuit for terminal fault with ITRV	214
Figure 12b – Representation of ITRV in relationship to TRV	214
Figure 13 – Three-phase short-circuit representation	216
Figure 14 – Alternative representation of Figure 13	217
Figure 15 – Basic short-line fault circuit	218
Figure 16 – Example of a line side transient voltage with time delay and rounded crest showing construction to derive the values u_L^*, t_L and t_{dL}	218
Figure 16a – Example of a line side transient voltage with time delay	219
Figure 16b – Example of line transient voltage with time delay with non-linear rate of rise	219
Figure 16 – Examples of line side transient voltages	219
Figure 17 – Test sequences for low and high temperature tests	220
Figure 18 – Humidity test	221
Figure 19 – Static terminal load forces	223
Figure 20 – Directions for static terminal load tests	224
Figure 21 – Permitted number of samples for making, breaking and switching tests, illustrations of the statements in 6.102.2	225
Figure 22 – Definition of a single test specimen in accordance with 3.2.2 of IEC 62271-1 ...	226
Figure 23a – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve)	227
Figure 23b – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes centered over the reference curve (+5 %, –5 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	227

Figure 23c – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes fully displaced upward from the reference curve (+10 %, –0 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	228
Figure 23d – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes fully displaced downward from the reference curve (+0 %, –10 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	228
Figure 24 – Equivalent testing set-up for unit testing of circuit-breakers with more than one separate interrupter units	229
Figure 25a – Preferred circuit	230
Figure 25b – Alternative circuit	230
Figure 25 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5.....	230
Figure 26a – Preferred circuit	231
Figure 26b – Alternative circuit	231
Figure 26 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3.....	231
Figure 27a – Preferred circuit	232
Figure 27b – Alternative circuit not applicable for circuit-breakers where the insulation between phases and/or to earth is critical (e.g. GIS or dead tank circuit-breakers).....	232
Figure 27 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5.....	232
Figure 28a – Preferred circuit	233
Figure 28b – Alternative circuit, not applicable for circuit-breakers where the insulation between phases and/or to earth is critical (e.g. GIS or dead tank circuit-breakers).....	233
Figure 28 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3.....	233
Figure 29 – Example of a graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)	234
Figure 30 – Example of a graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)	235
Figure 31 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)	236
Figure 32 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for three-phase tests in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3)	237
Figure 33 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)	238
Figure 34 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5)	239
Figure 35 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,2 or 1,3)	240
Figure 36 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in an effectively earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,2 or 1,3)	241

Figure 37 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor k_p , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,3.....	243
Figure 38 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor k_p , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,5.....	243
Figure 39 – Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test – Case of specified TRV with four-parameter reference line.....	244
Figure 40 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with two-parameter reference line.....	245
Figure 41 – Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type-test – Case of specified TRV with two-parameter reference line.....	246
Figure 42 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type-test – Case of specified TRV with four-parameter reference line.....	246
Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test	247
Figure 44 – Determination of power frequency recovery voltage	248
Figure 45 – Necessity of additional single-phase tests and requirements for testing	249
Figure 46 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing and prospective TRV-circuit-type a) according to 6.109.3: Source side and line side with time delay.....	250
Figure 47 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing – circuit type b1) according to 6.109.3: Source side with ITRV and line side with time delay.....	251
Figure 48 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing – circuit type b2) according to 6.109.3: Source side with time delay and line side without time delay	252
Figure 49 – Flow-chart for the choice of short-line fault test circuits for class S2 circuit-breakers and for circuit-breakers having a rated voltage of 100 kV and above	253
Figure 50 – Compensation of deficiency of the source side time delay by an increase of the excursion of the line side voltage	254
Figure 51 – Test circuit for single-phase out-of-phase tests	255
Figure 52 – Test circuit for out-of-phase tests using two voltages separated by 120 electrical degrees	255
Figure 53 – Test circuit for out-of-phase tests with one terminal of the circuit-breaker earthed (subject to agreement of the manufacturer).....	256
Figure 54 – Recovery voltage for capacitive current breaking tests	257
Figure 55 – Reclassification procedure for line and cable-charging current switching tests	258
Figure 56 – Reclassification procedure for capacitor bank current switching tests.....	259
Figure 57 – Determination of the major loop to be tested	116
Figure 58 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor k_p , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,2.....	242
Figure A.1 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay.....	268
Figure A.2 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay, source side with ITRV	268
Figure A.3 – Actual course of the source side transient recovery voltage for short-line fault L ₉₀ , L ₇₅ and L ₆₀	269

Figure E.1– Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 1)	289
Figure E.2 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 2)	289
Figure E.3 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) i)	290
Figure E.4 – Representation by two parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) ii)	290
Figure F.1 – Effect of depression on the peak value of the TRV	300
Figure F.2 – TRV in case of ideal breaking	300
Figure F.3 – Breaking with arc-voltage present	301
Figure F.4 – Breaking with pronounced premature current-zero	301
Figure F.5 – Breaking with post-arc current.....	301
Figure F.6 – Relationship between the values of current and TRV occurring in test and those prospective to the system.....	302
Figure F.7 – Schematic diagram of power-frequency current injection apparatus	303
Figure F.8 – Sequence of operation of power-frequency current injection apparatus	304
Figure F.9 – Schematic diagram of capacitance injection apparatus	305
Figure F.10 – Sequence of operation of capacitor-injection apparatus	306
Figure H.1 – Circuit diagram for example 1	309
Figure H.2 – Circuit diagram for example 2	310
Figure H.3 – Equations for the calculation of capacitor bank inrush currents	312
Figure M.1 – First example of transformer-limited fault (also called transformer-fed fault)	331
Figure M.2 – Second example of transformer-limited fault (also called transformer-secondary fault)	332
Figure O.1 – Test configuration considered in Tables O.1 and O.2.....	348
Figure O.2 – Example showing the waveshapes of symmetrical currents, phase-to-ground and phase-to-phase voltages during three-phase interruption, as for Figure 25a	348
Figure O.3 – Example showing the waveshapes of symmetrical currents, phase-to-ground and phase-to-phase voltages during three-phase interruption, as for Figure 26a	349
Figure Q.1 – Three-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant	360
Figure Q.2 – Single phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current shorter than the test circuit time constant	361
Figure Q.3 – Single-phase testing of a circuit-breaker with a rated d.c. time constant of the rated short-circuit breaking current longer than the test circuit time constant	362
Figure R.1 – Typical system configuration for interruption by a circuit-breaker with opening resistors	363
Figure R.2 – Test circuit for test duties T60 and T100	365
Figure R.3 – Test circuit for test duties T10, T30 and OP2	365
Figure R.4 – Example of an underdamped TRV for T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	368
Figure R.5 – Example of an overdamped TRV for T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	369
Figure R.6 – Example of a test circuit for short-line fault test duty L_{90}	370
Figure R.7 – Example of real line simulation for short-line fault test-duty L_{90} based on $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$ and $f_r = 50\ \text{Hz}$	371

Figure R.8 – Typical recovery voltage waveshape of capacitive current switching on a circuit-breaker equipped with opening resistors	373
Figure R.9 – Typical recovery voltage waveshape of T10 (based on $U_r = 1\,100\text{ kV}$, $I_{SC} = 50\text{ kA}$ and $f_r = 50\text{ Hz}$) on the resistor interrupter of a circuit-breaker equipped with opening resistors	374
Figure R.10 – TRV waveshapes for high short-circuit current breaking operation	377
Figure R.11 – Currents in case of high short-circuit current breaking operation	377
Figure R.12 – TRV shapes for low short-circuit current breaking operation	378
Figure R.13 – Currents in case of low short-circuit current breaking operation	378
Figure R.14 – Voltage waveshapes for line-charging current breaking operation	379
Figure R.15 – Current waveshapes for line-charging current breaking operation	379
Table 1 – Standard values of transient recovery voltage for class S1 circuit-breakers – Rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters	55
Table 2 – Standard values of transient recovery voltage for class S2 circuit-breakers – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters	56
Table 3 – Standard values of transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for effectively earthed systems – Representation by four parameters	57
Table 4 – Standard values of transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for non-effectively earthed systems – Representation by four parameters	58
Table 5 – Standard values of transient recovery voltage – Rated voltages 245 kV and above for effectively earthed systems – Representation by four parameters	59
Table 6 – Standard multipliers for transient recovery voltage values for second and third clearing poles for rated voltages above 1 kV	60
Table 7 – Standard values of initial transient recovery voltage – Rated voltages 100 kV and above	61
Table 8 – Standard values of line characteristics for short-line faults	64
Table 9 – Preferred values of rated capacitive switching currents	66
Table 10 – Nameplate information	74
Table 11 – Type tests	78
Table 12 – Invalid tests	80
Table 13 – Number of operating sequences	91
Table 14 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test	99
Table 15 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45\text{ ms}$	117
Table 16 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60\text{ ms}$	118
Table 17 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75\text{ ms}$	119
Table 18 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120\text{ ms}$	120
Table 19 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45\text{ ms}$	121
Table 20 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60\text{ ms}$	122

Table 21 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75$ ms	123
Table 22 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120$ ms	124
Table 23 – Interrupting window for tests with symmetrical current.....	127
Table 24 – Standard values of prospective transient recovery voltage for class S1 circuit-breakers – Rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters.....	140
Table 25 – Standard values of prospective transient recovery voltage for class S2 circuit-breakers – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters.....	142
Table 25 – Standard values of prospective transient recovery voltage for class S2 circuit-breakers – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters.....	142
Table 26 – Standard values of prospective transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV and above to 800 kV for effectively earthed neutral systems – Representation by four parameters (T100, T60, OP1 and OP2) or two parameters (T30, T10).	143
Table 27 – Standard values of prospective transient recovery voltage – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for non-effectively earthed neutral systems – Representation by four parameters (T100, T60, OP1 and OP2) or two parameters (T30 and T10).....	146
Table 28 – TRV parameters for single-phase and double earth fault tests	157
Table 29 – Test-duties to demonstrate the out-of-phase rating.....	164
Table 30 – Class C2 test-duties	169
Table 31 – Class C1 test-duties	174
Table 32 – Specified values of u_1 , t_1 , u_c and t_2	177
Table 33 – Operating sequence for electrical endurance test on class E2 circuit-breakers intended for auto-reclosing duty according to 6.112.2.....	179
Table 34 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit.....	180
Table 35 – Relationship between short-circuit power factor, time constant and power frequency.....	187
Table 36 – Rated insulation levels for rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV	47
Table 37 – Peak factors for the rated short-circuit making current.....	62
Table 38 – Test requirements for voltage tests as condition check for GIS and dead tank circuit-breakers.....	84
Table A.1 – Ratios of voltage-drop and source-side TRV	262
Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests	271
Table F.1 – Methods for determination of prospective TRV	298
Table J.1 – Actual percentage short-line fault breaking currents	319
Table M.1 – Standard values of prospective transient recovery voltage for T30, for circuit-breakers intended to be connected to a transformer with a connection of small capacitance – Rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters	334
Table M.2 – Standard values of prospective transient recovery voltage for circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV intended to be connected to a transformer with a connection of low capacitance	335
Table N.1 – Summary of type tests related to mechanical characteristics.....	337
Table O.1 – Three-phase capacitive current switching in actual service conditions: Typical values of voltages on the source-side, load-side, and recovery voltages.....	343

Table O.2 – Corresponding capacitive current-switching tests in accordance with 6.111.7 for single-phase laboratory tests. Values of voltages on the source-side, load-side, and recovery voltages	343
Table O.3 – Test duties T10, T30, T60 and T100s – First-pole-to-clear factor: 1,5. Voltage values during 3-phase interruption	346
Table O.4 – Test duties T10, T30, T60 and T100s – First-pole-to-clear factor: 1,3. Voltage values during 3-phase interruption	346
Table O.5 – Capacitive current switching in actual service conditions: maximum typical voltage values.....	347
Table Q.1 – Example showing the test parameters obtained during a three-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	356
Table Q.2 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is longer than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	357
Table Q.3 – Example showing the test parameters obtained during a single-phase test when the d.c. time constant of the test circuit is shorter than the rated d.c. time constant of the rated short-circuit current.....	359
Table R.1 – Results of the TRV calculation for terminal faults and out-of-phase.....	367
Table R.2 – Results of the TRV calculation for test-duty L _{g0}	371
Table R.3 – Results of the TRV calculations for test-duty T10.....	374

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 100: Alternating-current circuit-breakers

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 62271-100 consists of the second edition (2008) [documents 17A/815/FDIS and 17A/822/RVD] and its amendment 1 (2012) [documents 17A/1009/FDIS and 17A/1019/RVD]. It bears the edition number 2.1.

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

International Standard IEC 62271-100 has been prepared by subcommittee 17A: High-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

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

- the introduction of harmonised (IEC and IEEE) TRV waveshapes for rated voltages of 100 kV and above (amendment 1 to the first edition);
- the introduction of cable and line systems with their associated TRVs for rated voltages below 100 kV (amendment 2 to the first edition);
- the inclusion of IEC 61633 and IEC 62271-308.

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

This standard shall be read in conjunction with IEC 62271-1, first edition, published in 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.

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

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.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 100: Alternating-current circuit-breakers

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to a.c. circuit-breakers designed for indoor or outdoor installation and for operation at frequencies of 50 Hz and 60 Hz on systems having voltages above 1 000 V.

It is only applicable to three-pole circuit-breakers for use in three-phase systems and single-pole circuit-breakers for use in single-phase systems. Two-pole circuit-breakers for use in single-phase systems and application at frequencies lower than 50 Hz are subject to agreement between manufacturer and user.

This standard is also applicable to the operating devices of circuit-breakers and to their auxiliary equipment. However, a circuit-breaker with a closing mechanism for dependent manual operation is not covered by this standard, as a rated short-circuit making-current cannot be specified, and such dependent manual operation may be objectionable because of safety considerations.

Rules for circuit-breakers with an intentional non-simultaneity between the poles are under consideration; circuit-breakers providing single-pole auto-reclosing are within the scope of this standard.

NOTE 1 Circuit-breakers with an intentional ~~non-simultaneity~~ non-simultaneity between the poles may, in some instances, be tested in accordance with this standard. For example, mechanically staggered pole designs can be tested according to this standard using three-phase direct tests. For synthetic testing, determining the most appropriate tests, particularly in respect to test current, recovery voltage and transient recovery voltage, is subject to agreement between manufacturer and user.

This standard does not cover circuit-breakers intended for use on motive power units of electrical traction equipment; these are covered by IEC 60077 [1]¹.

Generator circuit-breakers installed between generator and step-up transformer are not within the scope of this standard.

Switching of inductive loads is covered by IEC 62271-110.

This standard does not cover self-tripping circuit-breakers with ~~mechanical~~ tripping devices ~~or devices which that~~ cannot be made inoperative during testing.

Circuit-breakers installed as by-pass switches in parallel with line series capacitors and their protective equipment are not within the scope of this standard. These are covered by IEC 62271-109 [2] and IEC 60143-2 [3].

NOTE 2 Tests to prove the performance under abnormal conditions should be subject to agreement between manufacturer and user. Such abnormal conditions are, for instance, cases where the voltage is higher than the rated voltage of the circuit-breaker, conditions which may occur due to sudden loss of load on long lines or cables.

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

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(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(601):1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60059, *IEC standard current ratings*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

IEC 60137, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 kV*

IEC 60255-3:1989, *Electrical relays – Part 3: Single input energizing quantity measuring relays with dependent or independent time*

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/TS 61634, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

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

IEC 62271-101:2006, *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 62271-110, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 110: Inductive load switching*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	401
1 Généralités.....	403
1.1 Domaine d'application.....	403
1.2 Références normatives	404
2 Conditions normales et spéciales de service	405
3 Termes et définitions	405
3.1 Termes généraux.....	405
3.2 Ensembles.....	409
3.3 Parties d'ensembles	409
3.4 Appareils de connexion	409
3.5 Partie de disjoncteur.....	411
3.6 Fonctionnement.....	413
3.7 Grandeurs caractéristiques	416
3.8 Index des définitions.....	422
4 Caractéristiques assignées.....	426
4.1 Tension assignée (U_r)	427
4.2 Niveau d'isolement assigné	427
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	428
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement	429
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	429
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	429
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	429
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	429
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	429
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manœuvre et/ou la coupure	429
4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{sc})	430
4.101.1 Composante périodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit	430
4.101.2 Constante de temps de la composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.....	430
4.102 Tension transitoire de rétablissement relative au pouvoir de coupure assigné.....	431
4.102.1 Représentation des ondes de la TTR.....	431
4.102.2 Représentation de la TTR	433
4.102.3 Valeurs normales de la TTR relative au courant de court-circuit assigné	435
4.102.4 Valeur normale de la TTRI assignée.....	444
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	445
4.104 Séquence de manœuvres assignée	445
4.105 Caractéristiques pour les défauts proches en ligne	446
4.106 Pouvoir de fermeture et pouvoir de coupure assignés en discordance de phases.....	447
4.107 Pouvoir de coupure et pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs	448
4.107.1 Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide.....	449

4.107.2	Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide	449
4.107.3	Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs.....	449
4.107.4	Pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins	451
4.107.5	Pouvoir de fermeture assigné de batterie unique de condensateurs.....	451
4.107.6	Pouvoir de fermeture assigné de batterie de condensateurs à gradins	451
4.108	Manœuvre de charges inductives	451
4.109	Durées assignées	451
4.109.1	Durée de coupure assignée.....	452
4.110	Nombre de manœuvres mécaniques.....	453
4.111	Classification des disjoncteurs en fonction de leur endurance électrique	454
5	Conception et construction	454
5.1	Exigences pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs	454
5.2	Exigences pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs	454
5.3	Raccordement à la terre des disjoncteurs	454
5.4	Equipements auxiliaires	454
5.5	Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure	455
5.6	Fermeture à accumulation d'énergie	455
5.7	Manœuvre manuelle indépendante	455
5.8	Fonctionnement des déclencheurs.....	455
5.8.101	Déclencheur à maximum de courant.....	456
5.8.101.1	Courant de fonctionnement	456
5.8.101.2	Durée de manœuvre	456
5.8.101.3	Courant de retour à la position initiale	456
5.8.102	Déclencheurs multiples	456
5.8.103	Limites de fonctionnement des déclencheurs	456
5.8.104	Puissance consommée par les déclencheurs.....	456
5.8.105	Relais intégrés pour disjoncteurs autodéclenchants	457
5.9	Verrouillages à basse et à haute pression	457
5.10	Plaques signalétiques.....	457
5.11	Verrouillages	459
5.12	Indicateur de position	459
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes.....	459
5.14	Lignes de fuite	459
5.15	Étanchéité au gaz et au vide.....	459
5.16	Étanchéité au liquide	459
5.17	Risque de feu (inflammabilité).....	460
5.18	Compatibilité électromagnétique	460
5.19	Emission de rayons X	460
5.20	Corrosion.....	460
5.101	Exigences concernant la simultanéité des pôles pendant des manœuvres simples de fermeture et d'ouverture.....	460
5.102	Exigence générale de fonctionnement	460
5.103	Limites de pression des fluides pour la manœuvre.....	461
5.104	Orifice d'évacuation	461

6	Essais de type	461
6.1	Généralités	463
6.1.1	Groupement des essais	463
6.1.2	Informations pour l'identification des spécimens d'essai	463
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais	463
6.1.101	Essais non valables	463
6.2	Essais diélectriques	464
6.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais	464
6.2.2	Modalité des essais sous pluie	464
6.2.3	Etat du disjoncteur pendant les essais diélectriques	464
6.2.4	Conditions de réussite aux essais	464
6.2.5	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	465
6.2.6	Essais des disjoncteurs de $U_r \leq 245$ kV	465
6.2.7	Essais des disjoncteurs de $U_r > 245$ kV	465
6.2.8	Essais de pollution artificielle	466
6.2.9	Essais de décharges partielles	466
6.2.10	Essais des circuits auxiliaires et de commande	466
6.2.11	Essais de tension comme vérification d'état	466
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	469
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	469
6.5	Essais d'échauffement	469
6.5.1	Etat du disjoncteur en essai	469
6.5.2	Disposition de l'appareil	469
6.5.3	Mesurage de la température et de l'échauffement	470
6.5.4	Température de l'air ambiant	470
6.5.5	Essais d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande	470
6.5.6	Interprétation des essais d'échauffement	470
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	470
6.6.1	Disposition du disjoncteur et du circuit d'essai	470
6.6.2	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	470
6.6.3	Comportement du disjoncteur au cours de l'essai	471
6.6.4	Etat du disjoncteur après l'essai	471
6.7	Vérification du degré de protection	471
6.7.1	Vérification de la codification IP	471
6.7.2	Essai aux impacts mécaniques	471
6.8	Essais d'étanchéité	471
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique	471
6.9.3.1	Essai d'immunité à l'ondulation résiduelle sur entrée de puissance à courant continu	471
6.9.3.2	Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur entrée de puissance à courant continu	472
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	472
6.10.1	Généralités	472
6.10.2	Essais fonctionnels	472
6.10.3	Essai de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre	472
6.10.4	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	472

6.10.5	Essais d'environnement	472
6.101	Essais mécaniques et climatiques	472
6.101.1	Dispositions diverses pour les essais mécaniques et climatiques	472
6.101.1.1	Caractéristiques mécaniques	472
6.101.1.2	Essais de composants	473
6.101.1.3	Caractéristiques et réglages du disjoncteur à enregistrer avant et après les essais	473
6.101.1.4	Etat du disjoncteur pendant et après les essais	474
6.101.1.5	Condition des équipements auxiliaires et de commande pendant et après les essais	475
6.101.2	Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant	475
6.101.2.1	Généralités	475
6.101.2.2	Etat du disjoncteur avant l'essai	476
6.101.2.3	Description de l'essai de la classe M1 de disjoncteurs	476
6.101.2.4	Essais d'endurance mécanique accrue sur les disjoncteurs de classe M2 en cas d'exigences spéciales de service	476
6.101.2.5	Critères d'acceptation pour les essais de manœuvre mécanique	477
6.101.3	Essais à haute et à basse températures	477
6.101.3.1	Généralités	477
6.101.3.2	Mesurage de la température de l'air ambiant	478
6.101.3.3	Essai à basse température	479
6.101.3.4	Essai à haute température	480
6.101.4	Essai à l'humidité	481
6.101.4.1	Généralités	481
6.101.4.2	Procédure d'essai	482
6.101.5	Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace	483
6.101.6	Essai avec efforts statiques sur les bornes	483
6.101.6.1	Généralités	483
6.101.6.2	Essais	483
6.102	Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	485
6.102.1	Généralités	485
6.102.2	Nombre de spécimens d'essai	486
6.102.3	Disposition du disjoncteur pour les essais	487
6.102.3.1	Généralités	487
6.102.3.2	Disjoncteur à enveloppe unique	488
6.102.3.3	Disjoncteur à enveloppes multiples	488
6.102.3.4	Disjoncteurs à déclenchement autonome	488
6.102.4	Conditions générales concernant les méthodes d'essais	488
6.102.4.1	Essais unipolaires d'un pôle de disjoncteur tripolaire	488
6.102.4.2	Essais sur éléments séparés	490
6.102.4.2.1	Similitude des éléments	491
6.102.4.2.2	Répartition de la tension	491
6.102.4.2.3	Conditions à remplir pour les essais sur éléments séparés	492
6.102.4.3	Essais en plusieurs parties	493
6.102.5	Essais synthétiques	493
6.102.6	Manœuvres à vide avant les essais	493
6.102.7	Mécanismes d'entraînement différents	494
6.102.8	Comportement du disjoncteur pendant les essais	494

6.102.9	Etat du disjoncteur après les essais	495
6.102.9.1	Généralités	495
6.102.9.2	Etat après une séquence d'essais de court-circuit	495
6.102.9.3	Etat après une série d'essais de court-circuit	496
6.102.9.4	Etat après une série d'essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	497
6.102.9.5	Remise en état après une séquence d'essais de court-circuit et d'autres séries d'essais	498
6.102.10	Démonstration des durées d'arc	498
6.102.10.1	Essais triphasés	498
6.102.10.1.1	Séquence d'essais T10, T30, T60, T100s, T100s(b), OP1 et OP2	498
6.102.10.1.2	Séquence d'essais T100a	499
6.102.10.2	Essais monophasés en substitution des essais triphasés	500
6.102.10.2.1	Systèmes à neutre non effectivement mis à la terre	500
6.102.10.2.1.1	Séquence d'essais T10, T30, T60, T100s et T100s(b), OP1 et OP2	500
6.102.10.2.1.2	Séquence d'essais T100a	501
6.102.10.2.2	Systèmes avec neutre effectivement à la terre, y compris essais de défaut proche en ligne	512
6.102.10.2.2.1	Séquence d'essais T10, T30, T60, T100s et T100s(b), OP1 et OP2, L ₉₀ , L ₇₅ et L ₆₀	512
6.102.10.2.2.2	Séquence d'essais T100a	512
6.102.10.2.3	Procédure modifiée dans les cas où le disjoncteur n'a pas coupé au cours d'un essai à durée d'arc moyenne	512
6.102.10.2.3.1	Essais de coupure avec courant symétrique	512
6.102.10.2.3.2	Essais de coupure avec courant asymétrique	513
6.102.10.2.4	Essais combinant les conditions des systèmes à neutre effectivement à la terre et non effectivement à la terre	513
6.102.10.2.5	Séparation des séquences d'essais en séries d'essai en tenant compte de la TTR exacte de chaque pôle qui s'ouvre	513
6.103	Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit	514
6.103.1	Facteur de puissance	514
6.103.2	Fréquence	514
6.103.3	Mise à la terre du circuit d'essai	514
6.103.4	Raccordement du circuit d'essai au disjoncteur	516
6.104	Caractéristiques pour les essais de court-circuit	516
6.104.1	Tension appliquée avant les essais d'établissement en court-circuit	516
6.104.2	Courant établi en court-circuit	517
6.104.2.1	Généralités	517
6.104.2.2	Procédure d'essai	517
6.104.2.2.1	Essais triphasés	517
6.104.2.2.2	Essais monophasés	518
6.104.3	Courant coupé en court-circuit	518
6.104.4	Composante apériodique du courant coupé en court-circuit	519
6.104.5	Tension transitoire de rétablissement (TTR) pour les essais de coupure de court-circuit	519
6.104.5.1	Généralités	519
6.104.5.2	Séquences d'essais T100s et T100a	525
6.104.5.3	Séquence d'essais T60	526

6.104.5.4	Séquence d'essais T30	526
6.104.5.5	Séquence d'essais T10	527
6.104.5.6	Séquences d'essais OP1 et OP2	527
6.104.6	Mesurage de la TTR pendant l'essai	527
6.104.7	Tension de rétablissement à fréquence industrielle	535
6.105	Procédure d'essai en court-circuit	535
6.105.1	Intervalle de temps entre les essais	535
6.105.2	Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais de coupure	536
6.105.3	Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais d'établissement-coupure	536
6.105.4	Accrochage à la fermeture sur court-circuit	536
6.106	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	537
6.106.1	Séquence d'essais T10	537
6.106.2	Séquence d'essais T30	537
6.106.3	Séquence d'essais T60	538
6.106.4	Séquence d'essais T100s	538
6.106.4.1	Cas où la constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai est égale à la valeur spécifiée	538
6.106.4.2	Cas où la constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai est inférieure à la valeur spécifiée	539
6.106.4.3	Constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai supérieure à la valeur spécifiée	539
6.106.4.4	Décroissance significative de la composante périodique du circuit d'essai	540
6.106.5	Séquence d'essais T100a	541
6.106.6	Critères d'asymétrie	542
6.106.6.1	Essais en triphasé	543
6.106.6.1.1	Amplitude du courant d'essai et durée de la dernière alternance de courant	543
6.106.6.2	Essais en monophasé	543
6.106.6.2.1	Amplitude du courant d'essai et durée de la dernière alternance de courant	543
6.106.6.3	Procédures d'ajustement des paramètres d'essais	544
6.107	Essais au courant critique	545
6.107.1	Cas d'application	545
6.107.2	Courant d'essai	545
6.107.3	Séquence d'essais au courant critique	545
6.108	Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre	545
6.108.1	Cas d'application	545
6.108.2	Courant d'essai et tension de rétablissement	546
6.108.3	Séquence d'essais	546
6.109	Essais de défaut proche en ligne	547
6.109.1	Cas d'application	547
6.109.2	Courant d'essai	547
6.109.3	Circuit d'essai	548
6.109.4	Séquences d'essais	550
6.109.5	Essais de défaut proche en ligne avec une source d'essai de court-circuit de puissance réduite	551
6.110	Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases	551
6.110.1	Circuit d'essai	551

6.110.2	Tensions d'essais.....	552
6.110.3	Séquences d'essais.....	552
6.111	Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	553
6.111.1	Cas d'application.....	553
6.111.2	Généralités	554
6.111.3	Caractéristiques des circuits d'alimentation	554
6.111.4	Mise à la terre du circuit d'alimentation	555
6.111.5	Caractéristiques du circuit capacitif à établir et à couper	555
6.111.5.1	Essais d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide et de courants de câbles à vide	556
6.111.5.2	Essais d'établissement et de coupure de batterie unique de condensateurs.....	556
6.111.6	Forme d'onde du courant.....	556
6.111.7	Tension d'essai	557
6.111.8	Courant d'essais	558
6.111.9	Séquences d'essais.....	558
6.111.9.1	Conditions d'essais pour les disjoncteurs de classe C2	559
6.111.9.1.1	Séquences d'essais pour la classe C2	559
6.111.9.1.2	Essais triphasés d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide et de câbles à vide.....	562
6.111.9.1.3	Essais monophasés d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide et de câbles à vide	562
6.111.9.1.4	Essais triphasés d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs (uniques ou à gradins).....	563
6.111.9.1.5	Essais monophasés d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs (unique ou à gradins)	564
6.111.9.2	Conditions d'essais pour les disjoncteurs de classe C1	564
6.111.9.2.1	Séquences d'essais pour la classe C1	564
6.111.9.2.2	Essais monophasés et triphasés d'établissement et de coupure de courants capacitifs	566
6.111.9.3	Conditions d'essais correspondant à la coupure en présence de défauts à la terre	567
6.111.10	Essais avec TTR spécifiée	567
6.111.11	Critères de réussite des essais	568
6.111.11.1	Généralités	568
6.111.11.2	Disjoncteur de classe C2	568
6.111.11.3	Disjoncteur de classe C1	569
6.111.11.4	Critères pour reclasser en classe C1 un disjoncteur essayé avec les exigences de la classe C2	569
6.112	Exigences spéciales pour les essais de coupure et de fermeture des disjoncteurs de classe E2	570
6.112.1	Disjoncteurs de classe E2 non prévus pour le cycle de refermeture automatique	570
6.112.2	Disjoncteurs de classe E2 prévus pour le cycle de refermeture automatique	570
7	Essais individuels.....	571
7.1	Essais diélectriques du circuit principal.....	571
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	572
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	572
7.4	Essai d'étanchéité	572
7.5	Contrôles visuels et du modèle	572

7.101	Essais de fonctionnement mécanique	572
8	Lignes directrices pour le choix des disjoncteurs selon le service	574
8.101	Généralités	574
8.102	Choix des valeurs assignées pour les conditions de service	576
8.102.1	Choix de la tension assignée	576
8.102.2	Coordination des isollements	576
8.102.3	Fréquence assignée	577
8.102.4	Choix du courant assigné en service continu	577
8.102.5	Conditions atmosphériques et climatiques locales	577
8.102.6	Emploi à des altitudes élevées	578
8.103	Choix des valeurs assignées pour les conditions de fonctionnement sur défaut	578
8.103.1	Choix du pouvoir de coupure assigné en court-circuit	578
8.103.2	Choix de la tension transitoire de rétablissement (TTR) dans le cas de défaut aux bornes, du facteur de premier pôle et des caractéristiques assignées pour les défauts proches en ligne	580
8.103.3	Choix des caractéristiques en cas de discordance de phases	582
8.103.4	Choix du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	582
8.103.5	Séquence de manœuvres en service	583
8.103.6	Choix de la durée de court-circuit assignée	584
8.103.7	Défauts en présence de réactances de limitation	584
8.104	Choix de l'endurance électrique pour les réseaux de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus	584
8.105	Choix de la manœuvre de courant capacitif	585
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	585
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	585
9.102	Renseignements à donner avec les soumissions	586
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance	588
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	588
10.2	Installation	588
10.2.101	Essais de mise en service	588
10.2.102	Programme d'essais et de vérifications à la mise en service	589
10.2.102.1	Vérifications après montage	589
10.2.102.1.1	Vérification générale	589
10.2.102.1.2	Vérification des circuits électriques	590
10.2.102.1.3	Vérification du ou des fluides d'isolement et/ou d'extinction	590
10.2.102.1.4	Vérification du ou des fluides de manœuvre, en cas de remplissage ou de complément sur site	590
10.2.102.1.5	Manœuvres de mise en service	590
10.2.102.2	Essais mécaniques et mesurages	590
10.2.102.2.1	Mesurages des pressions caractéristiques du fluide d'isolement et/ou de coupure (si applicable)	590
10.2.102.2.1.1	Généralités	590
10.2.102.2.1.2	Mesurages à effectuer	590
10.2.102.2.2	Mesurages des pressions caractéristiques du fluide de commande (si applicable)	591
10.2.102.2.2.1	Généralités	591
10.2.102.2.2.2	Mesurages à effectuer	591
10.2.102.2.3	Mesurage des consommations lors des manœuvres (si applicable)	592

10.2.102.2.4	Vérification de la séquence assignée de fonctionnement.....	592
10.2.102.2.5	Mesurages des durées	592
10.2.102.2.5.1	Durées caractéristiques du disjoncteur	592
10.2.102.2.5.2	Durée de réarmement de l'organe de commande	593
10.2.102.2.6	Enregistrement des caractéristiques de déplacement mécanique	593
10.2.102.2.7	Vérification de certains fonctionnements particuliers	593
10.2.102.2.7.1	Refermeture automatique à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)	593
10.2.102.2.7.2	Fermeture à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)	593
10.2.102.2.7.3	Ouverture à la pression minimale pour la manœuvre (si applicable)	594
10.2.102.2.7.4	Simulation d'une fermeture sur défaut et vérification du dispositif d'antipompage	594
10.2.102.2.7.5	Comportement du disjoncteur sur ordre de fermeture, lorsqu'un ordre d'ouverture est déjà présent.....	594
10.2.102.2.7.6	Envoi d'un ordre d'ouverture simultanément sur les deux déclencheurs (si applicable)	594
10.2.102.2.7.7	Protection de discordance de pôles (si applicable)	594
10.2.102.3	Essais et mesurages électriques	595
10.2.102.3.1	Essais diélectriques	595
10.2.102.3.2	Mesurage de la résistance des circuits principaux.....	595
10.3	Fonctionnement.....	595
10.4	Maintenance	595
10.4.101	Résistances et condensateurs	595
11	Sécurité.....	595
12	Influence du produit sur l'environnement	595
Annexe A (normative) Calcul des tensions transitoires de rétablissement pour les défauts proches en ligne à partir des caractéristiques assignées		
A.1	Approche de base	652
A.2	Tension transitoire côté ligne.....	654
A.3	Tension transitoire côté alimentation	654
A.3.1	Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	654
A.3.2	Tensions assignées supérieures ou égales à 15 kV et inférieures à 100 kV	656
A.4	Exemples de calculs.....	656
A.4.1	Côté alimentation et côté ligne avec retard (L_{90} et L_{75} pour 245 kV, 50 kA, 50 Hz)	657
A.4.2	Côté alimentation avec TTRI et côté ligne avec retard (L_{90} pour 245 kV, 50 kA, 50 Hz).....	658
A.4.3	Côté alimentation avec retard et côté ligne sans retard (L_{90} pour 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Calculs effectués en utilisant une méthode simplifiée	658
Annexe B (normative) Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type		
Annexe C (normative) Enregistrement et comptes rendus des essais de type		
C.1	Renseignements et résultats à enregistrer.....	671
C.2	Renseignements à fournir dans les comptes rendus	671
C.2.1	Généralités	671
C.2.2	Appareillage essayé	671
C.2.3	Caractéristiques assignées du disjoncteur, incluant celles des mécanismes d'entraînement et des équipements auxiliaires.....	671

C.2.4 Conditions de l'essai (pour chaque série d'essais)	672
C.2.5 Essais d'établissement et de coupure en court-circuit	672
C.2.6 Essai au courant de courte durée admissible	673
C.2.7 Manœuvre à vide	673
C.2.8 Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases	673
C.2.9 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	673
C.2.10 Relevés oscillographiques et autres enregistrements	674
Annexe D (normative) Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	675
D.1 Méthode I – Détermination d'après la composante apériodique	675
D.1.1 Equation de la composante apériodique	675
D.1.2 Angle de phase φ	675
D.2 Méthode II – Détermination avec un générateur pilote	675
Annexe E (normative) Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs	677
E.1 Introduction	677
E.2 Tracé de l'enveloppe	677
E.3 Détermination des paramètres	678
Annexe F (normative) Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée	681
F.1 Introduction	681
F.2 Résumé général des méthodes recommandées	682
F.3 Étude détaillée des méthodes recommandées	683
F.3.1 Groupe 1 – Coupure directe d'un courant de court-circuit	683
F.3.2 Groupe 2 – Injection de courant à fréquence industrielle	684
F.3.3 Groupe 3 – Injection de courant de condensateur	685
F.3.4 Groupes 2 et 3 – Méthodes d'étalonnage	685
F.3.5 Groupe 4 – Modèles de réseaux	686
F.3.6 Groupe 5 – Calcul à partir des paramètres du circuit	687
F.3.7 Groupe 6 – Manœuvre à vide de circuits d'essai comprenant des transformateurs	687
F.3.8 Groupe 7 – Combinaison de différentes méthodes	687
F.4 Comparaison des méthodes	688
Annexe G (normative) Raison d'être de l'introduction de disjoncteurs de classe E2	699
Annexe H (informative) Courants d'appel des batteries de condensateurs simples et à gradins	700
H.1 Généralités	700
H.2 Exemple 1 – Manœuvre d'un condensateur en parallèle (voir Figure H.1)	701
H.2.1 Description des batteries de condensateurs à manœuvrer	701
H.2.2 Calcul sans dispositif de limitation	701
H.2.3 Calcul du dispositif de limitation	702
H.3 Exemple 2 – Manœuvre de deux condensateurs en parallèle (voir Figure H.2)	702
H.3.1 Description des batteries de condensateurs à manœuvrer	702
H.3.2 Calcul sans dispositif de limitation	702
H.3.3 Calcul du dispositif de limitation	703
Annexe I (informative) Notes explicatives	705
I.1 Généralités	705
I.2 Note explicative concernant la constante de temps de la composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit (4.101.2) – Conseils pour le choix de la constante de temps appropriée	705
I.2.1 Conseils pour le choix judicieux de la constante de temps	705

I.2.2	Composante apériodique pendant les essais T100a	706
I.3	Notes explicatives relatives aux essais de commutation de courants capacitifs	
(6.111)		707
I.3.1	Caractéristique de réamorçage	707
I.3.2	Programme d'essais	707
I.3.3	A propos du Tableau 9.....	707
I.3.4	A propos de 6.111.1	708
I.3.5	A propos de 6.111.3	708
I.3.6	A propos de 6.111.5	708
I.3.7	A propos de 6.111.9.1.1	708
I.3.8	A propos des 6.111.9.1.1 et 6.111.9.2.1	708
I.3.9	A propos de 6.111.9.1.2 et 6.111.9.1.3	709
I.3.10	A propos de 6.111.9.1.2 à 6.111.9.1.5	709
I.3.11	A propos de 6.111.9.1.4 et 6.111.9.1.5	709
I.3.12	A propos de 6.111.9.2	709
Annexe J (Informative)	Tolérances sur le courant d'essai et la longueur de ligne en essai de défaut proche en ligne	710
Annexe K (informative)	Liste des symboles et abréviations utilisés dans cette norme	712
Annexe L (informative)	Notes explicatives à propos de la révision des TTR pour disjoncteurs de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV.....	719
L.1	Généralités.....	719
L.2	Défaut aux bornes	720
L.2.1	TTR pour disjoncteurs de réseaux aériens	720
L.2.2	Temps de retard	720
L.2.3	Facteur d'amplitude pour T100s et T100a	720
L.2.4	Facteur d'amplitude pour T60, T30 et T10	721
L.3	Défaut proche en ligne	721
L.4	Discordance de phases	721
L.5	Défaut avec réactance de limitation (ou réactance série).....	722
L.6	TTR pour les derniers pôles qui coupent / Topologie de circuit d'essais	722
Annexe M (normative)	Exigences pour la coupure de défauts limités par un transformateur pour des disjoncteurs de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV	723
M.1	Généralités.....	723
M.2	Disjoncteurs de tension assignée inférieure à 100 kV	724
M.3	Disjoncteurs de tension assignée de 100 kV à 800 kV	726
M.4	Disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV	726
Annexe N (normative)	Utilisation de caractéristiques mécaniques et exigences liées	728
Annexe O (informative)	Lignes directrices pour la procédure d'essai d'établissement et de coupure de courants de court-circuit pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre	731
O.1	Introduction	731
O.2	Généralités.....	731
O.2.1	Caractéristiques particulières des disjoncteurs sous enveloppe métallique soumis aux essais d'établissement et de coupure	731
O.2.2	Nombre réduit d'éléments destinés aux essais.....	731
O.2.3	Description générale des caractéristiques particulières et des interactions éventuelles	732
O.3	Essais d'un pôle unique dans une seule enveloppe	733
O.3.1	Essais d'établissement et de coupure en court-circuit.....	733
O.3.2	Essais de défaut proche en ligne	735

O.3.3 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	735
O.3.4 Etablissement et coupure en discordance de phases	738
O.4 Essais de trois pôles dans une seule enveloppe	739
O.4.1 Essais de défaut aux bornes	739
O.4.2 Essais de défaut proche en ligne	741
O.4.3 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	741
O.4.4 Essai d'établissement et de coupure en discordance de phases	742
Annexe P (normative) Calcul des paramètres de la TTR durant des conditions de défauts asymétriques (T100a)	745
Annexe Q (informative) Exemples d'application des critères d'asymétrie durant la séquence d'essais asymétriques T100a	750
Q.1 Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps assignée de la composante apériodique du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai	750
Q.2 Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essai	752
Q.3 Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai	754
Annexe R (normative) Exigences pour les disjoncteurs avec résistances d'ouverture	759
R.1 Généralités	759
R.2 Performance d'établissement et de coupure à vérifier	759
R.2.1 Généralités	759
R.2.2 Essais de l'interrupteur principal	760
R.2.3 Essais sur l'interrupteur de résistance	769
R.2.4 Essais de la pile de résistances	771
R.3 Durée d'insertion de la résistance	772
R.4 Capacité de tenue au courant	772
R.5 Performance diélectrique	772
R.6 Performance mécanique	772
R.7 Exigences pour la spécification des résistances d'ouverture	773
R.8 Exemples de formes d'onde de tension de rétablissement	773
R.8.1 Généralités	773
R.8.2 Défauts aux bornes	773
R.8.3 Coupure de courant de lignes à vide	775
Bibliographie	777
Figure 1 – Oscillogramme type d'un cycle d'établissement-coupure en court-circuit triphasé	596
Figure 2 – Disjoncteur sans résistances intercalaires. Manœuvres d'ouverture et de fermeture	598
Figure 3 – Disjoncteur sans résistance intercalaire – Cycle de fermeture-ouverture	599
Figure 4 – Disjoncteur sans résistance intercalaire – Refermeture (refermeture automatique)	600
Figure 5 – Disjoncteur avec résistances intercalaires. Manœuvres d'ouverture et de fermeture	601
Figure 6 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture	602
Figure 7 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique)	603

Figure 8 – Détermination des courants de court-circuit établi et coupé et du pourcentage de la composante apériodique	604
Figure 9 – Pourcentage de la composante apériodique en fonction de l'intervalle de temps à partir du début du courant de court-circuit pour la les différentes constantes de temps normale τ_1 et pour les constantes de temps τ_2, τ_3 et τ_4 des applications particulières	605
Figure 10 – Représentation d'une TTR spécifiée à quatre paramètres et d'un segment de droite définissant un retard pour les séquences d'essais T100, T 60, de défaut proche en ligne et en discordance de phases	606
Figure 11 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard	606
Figure 12a – Circuit de base pour le défaut aux bornes avec TTRI.....	607
Figure 12b – Représentation de la TTRI et de son influence sur la TTR.....	607
Figure 13 – Représentation d'un court-circuit triphasé	609
Figure 14 – Représentation de variante à la Figure 13	610
Figure 15 – Circuit de base de défaut proche en ligne	611
Figure 16 – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard et une crête arrondie la montrant construction à effectuer pour obtenir les valeurs $\#L^*$, t_L et t_{dL}.....	611
Figure 16a – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard	612
Figure 16b – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard avec une vitesse d'accroissement non linéaire.....	612
Figure 16 – Exemples de tensions transitoires côté ligne	612
Figure 17 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute température.....	613
Figure 18 – Essai à l'humidité	614
Figure 19 – Efforts statiques sur les bornes	616
Figure 20 – Directions pour les essais d'efforts statiques sur les bornes.....	617
Figure 21 – Nombre permis de spécimens pour les essais d'établissement et de coupure, illustration des spécifications de 6.102.2	618
Figure 22 – Définition d'un essai conformément à 3.2.2 de la CEI 62271-1	619
Figure 23a – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée).....	620
Figure 23b – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite centrée autour de la courbe de référence (+5 %, -5 %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms	620
Figure 23c – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée 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	621
Figure 23d – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite déplacée totalement vers le haut par rapport à la courbe de référence (+0 %, -10 %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms.....	621
Figure 24 – Montage d'essai équivalent pour les essais sur éléments séparés d'un disjoncteur ayant plus d'un élément de coupure.....	622
Figure 25a – Circuit préféré	623
Figure 25b – Circuit utilisé en variante	623
Figure 25 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.....	623
Figure 26a – Circuit préféré	624
Figure 26b – Circuit utilisé en variante	624
Figure 26 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.....	624
Figure 27a – Circuit préféré	625

Figure 27b – Circuit utilisé en variante, n'est pas applicable aux disjoncteurs dont l'isolement entre phases et/ou à la terre est critique (par exemple GIS ou disjoncteurs <i>dead tank</i>)	625
Figure 27 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5	625
Figure 28a – Circuit préféré	626
Figure 28b – Circuit utilisé en variante, n'est pas applicable aux disjoncteurs dont l'isolement entre phases et/ou à la terre est critique (par exemple GIS ou disjoncteurs <i>dead tank</i>)	626
Figure 28 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3	626
Figure 29 – Exemple de représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	627
Figure 30 – Exemple de représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)	628
Figure 31 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	629
Figure 32 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3)	630
Figure 33 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	631
Figure 34 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5)	632
Figure 35 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,2 ou 1,3)	633
Figure 36 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,2 ou 1,3)	634
Figure 37 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension k_p qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur de premier pôle égal à 1,3	636
Figure 38 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension k_p qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur de premier pôle égal à 1,5	636
Figure 39 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres	637
Figure 40 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres	637
Figure 41 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres	638

Figure 42 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres	638
Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties	639
Figure 44 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle	640
Figure 45 – Nécessité d'essais additionnels monophasés et exigences d'essais	641
Figure 46 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – TTR présumée du circuit type a) selon 6.109.3: côté alimentation et côté ligne avec temps de retard	642
Figure 47 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – circuit type b1) selon 6.109.3: côté alimentation avec TTRI et côté ligne avec temps de retard	643
Figure 48 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – circuit type b2) selon 6.109.3: côté alimentation avec temps de retard et côté ligne sans temps de retard	644
Figure 49 – Diagramme de décision pour le choix des circuits d'essais de défaut proche en ligne pour les disjoncteurs de classe S2 et pour les disjoncteurs de tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	645
Figure 50 – Compensation d'un défaut du temps de retard côté alimentation par une augmentation de l'amplitude de la tension côté ligne	646
Figure 51 – Circuit d'essais pour les essais monophasés en discordance de phases	647
Figure 52 – Circuit d'essais avec deux tensions décalées de 120 degrés électriques pour les essais en discordance de phases	647
Figure 53 – Circuit d'essais avec une borne du disjoncteur à la terre pour les essais en discordance de phases (sous réserve de l'accord du constructeur)	648
Figure 54 – Tension de rétablissement pour les essais de coupure de courants capacitifs	649
Figure 55 – Procédure de re-classification pour les essais d'établissement et de coupure de courants de lignes à vide et de câbles à vide	650
Figure 56 – Procédure de re-classification pour les essais d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs	651
Figure 57 – Détermination de la grande alternance à considérer en essai	503
Figure 58 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension k_p qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur premier pôle égal à 1,2	635
Figure A.1 – Graphique typique montrant des paramètres de TTR côté ligne et alimentation – Les TTR côté ligne et alimentation ont un temps de retard	660
Figure A.2 – Graphique typique montrant les paramètres de TTR côté ligne et alimentation – Les TTR côté ligne et alimentation ont un temps de retard, la TTR côté alimentation a une TTRI	660
Figure A.3 – Courbe effective de la tension transitoire de rétablissement côté alimentation pour les défauts proches en ligne L_{90} , L_{75} et L_{60}	661
Figure E.1 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 1)	679
Figure E.2 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2 c) 2)	679
Figure E.3 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 3) i)	680
Figure E.4 – Représentation par deux paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 3) ii)	680
Figure F.1 – Influence de la réduction de la tension sur la valeur de crête de la TTR	692
Figure F.2 – TTR pour une coupure idéale	692
Figure F.3 – Coupure avec présence d'une tension d'arc	693
Figure F.4 – Coupure avec arrachement prononcé du courant	693
Figure F.5 – Coupure avec courant post-arc	693

Figure F.6 – Relation entre les valeurs du courant et de la TTR apparaissant lors de l'essai, et les valeurs présumées du réseau	694
Figure F.7 – Schéma de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle	695
Figure F.8 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle	696
Figure F.9 – Schéma de l'appareillage d'injection par condensateur	697
Figure F.10 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection par condensateur	698
Figure H.1 – Diagramme du circuit de l'exemple 1	701
Figure H.2 – Diagramme du circuit de l'exemple 2	702
Figure H.3 – Equations pour le calcul des courants d'appel de gradins de condensateurs	704
Figure M.1 – Premier exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut alimenté par un transformateur)	723
Figure M.2 – Deuxième exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut au secondaire d'un transformateur)	724
Figure O.1 – Configuration d'essai prise en compte dans les Tableaux O.1 et O.2	742
Figure O.2 – Exemple illustrant les formes d'ondes des courants symétriques, des tensions phase-terre et phase-phase, durant une coupure triphasée, telle que celle de la Figure 25a.	743
Figure O.3 – Exemple illustrant les formes d'ondes des courants symétriques, des tensions phase-terre et phase-phase, durant une coupure triphasée, telle que celle de la Figure 26a.	744
Figure Q.1 – Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai	756
Figure Q.2 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essai	757
Figure Q.3 – Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai	758
Figure R.1 – Configuration de système type pour coupure par un disjoncteur avec résistances d'ouverture.....	759
Figure R.2 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T60 et T100	761
Figure R.3 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T10, T30 et OP2.....	761
Figure R.4 – Exemple de TTR sous-amortie pour T100s(b), $U_r = 1\,100\text{ kV}$, $I_{SC} = 50\text{ kA}$, $f_r = 50\text{ Hz}$	764
Figure R.5 – Exemple de TTR sur-amortie pour T10, $U_r = 1\,100\text{ kV}$, $I_{SC} = 50\text{ kA}$, $f_r = 50\text{ Hz}$	765
Figure R.6 – Exemple de circuit d'essai pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L _{g0}	766
Figure R.7 – Exemple de simulation par lignes réelles pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L _{g0} fondée sur $U_r = 1\,100\text{ kV}$, $I_{SC} = 50\text{ kA}$ et $f_r = 50\text{ Hz}$	767
Figure R.8 – Forme d'onde type de tension de rétablissement d'établissement et coupure de courants capacitifs sur un disjoncteur équipé de résistances d'ouverture.....	769
Figure R.9 – Forme d'onde type de tension de rétablissement de T10 (fondée sur $U_r = 1\,100\text{ kV}$, $I_{SC} = 50\text{ kA}$ et $f_r = 50\text{ Hz}$) sur l'interrupteur de résistance d'un disjoncteur équipé de résistances d'ouverture	770
Figure R.10 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit.....	773
Figure R.11 – Courants en cas de manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit.....	774
Figure R.12 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit.....	774

Figure R.13 – Courants en cas de manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit.....	775
--	-----

Figure R.14 – Formes d'ondes de tension pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide.....	775
---	-----

Figure R.15 – Formes d'ondes de courant pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide.....	776
---	-----

Tableau 1 – Valeurs normales de la TTR pour les disjoncteurs de classe S1 – Tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres.....	437
---	-----

Tableau 2 – Valeurs normales de la TTR pour les disjoncteurs de classe S2 – Tensions assignées égales ou supérieures à 15 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres.....	438
--	-----

Tableau 3 – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres.....	439
--	-----

Tableau 4 – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre non effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres.....	440
--	-----

Tableau 5 – Valeurs normales de la TTR tension transitoire de rétablissement – Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre — Représentation par quatre paramètres	442
---	-----

Tableau 6 – Valeurs normales des multiplicateurs pour la tension transitoire de rétablissement pour les 2 ^e et 3 ^e pôles à couper à des tensions assignées supérieures à 1 kV.....	443
--	-----

Tableau 7 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV.....	444
--	-----

Tableau 8 – Valeurs normales des caractéristiques de ligne pour les défauts proches en ligne.....	447
---	-----

Tableau 9 – Valeurs préférentielles de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs.....	450
---	-----

Tableau 10 – Indications de la plaque signalétique.....	458
---	-----

Tableau 11 – Essais de type.....	462
----------------------------------	-----

Tableau 12 – Essais non valables.....	464
---------------------------------------	-----

Tableau 13 – Nombre de séquences de manœuvres.....	476
--	-----

Tableau 14 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques aux bornes.....	484
--	-----

Tableau 15 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 50 Hz $\tau = 45$ ms.....	504
--	-----

Tableau 16 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 50 Hz $\tau = 60$ ms.....	505
--	-----

Tableau 17 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 50 Hz $\tau = 75$ ms.....	506
--	-----

Tableau 18 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 50 Hz $\tau = 120$ ms.....	507
---	-----

Tableau 19 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 60 Hz $\tau = 45$ ms.....	508
--	-----

Tableau 20 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 60 Hz $\tau = 60$ ms.....	509
--	-----

Tableau 21 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 60 Hz $\tau = 75$ ms.....	510
--	-----

Tableau 22 – Paramètres de la dernière alternance de courant applicables lors d'une séquence d'essais de court-circuit T100a à 60 Hz $\tau = 120$ ms.....	511
---	-----

Tableau 23 – Fenêtre de coupure pour les essais avec courant symétrique	514
Tableau 24 – Valeurs normales de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S1 – Tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres	528
Tableau 25 – Valeurs normales de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S2 – Tensions assignées égales ou supérieures à 15 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres	530
Tableau 26 – Valeurs normales de la TTR présumée – Tensions assignées de 100 kV à 800 kV, cas des réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres (T100, T60, OP1 et OP2) ou deux paramètres (T30, T10) tension transitoire de rétablissement présumée – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	531
Tableau 27 – Valeurs normales de la TTR présumée – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas des réseaux à neutre non effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres (T100, T60, OP1 et OP2) ou deux paramètres (T30 et T10)	534
Tableau 28 – Paramètres de TTR pour les essais de défaut monophasé et de double défaut à la terre	546
Tableau 29 – Séquences d'essais à effectuer pour vérifier les caractéristiques assignées en discordance de phases	553
Tableau 30 – Séquences d'essais pour la classe C2	560
Tableau 31 – Séquences d'essais pour la classe C1	565
Tableau 32 – Valeurs spécifiées de u_1 , t_1 , u_c et t_2	568
Tableau 33 – Séquence de manœuvre pour l'essai d'endurance électrique des disjoncteurs de classe E2 prévus pour le cycle de refermeture automatique selon 6.112.2	571
Tableau 34 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal	572
Tableau 35 – Relation entre le facteur de puissance en court-circuit, la constante de temps et la fréquence industrielle	579
Tableau 36 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées 1 100 kV et 1 200 kV	428
Tableau 37 – Facteurs de crête pour le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	445
Tableau 38 – Exigences d'essai pour les essais de tension comme vérification d'état pour les disjoncteurs de GIS et les disjoncteurs à cuve mise à la terre	469
Tableau A.1 – Rapport des chutes de tension et de TTR côté alimentation	654
Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	663
Tableau F.1 – Méthodes pour la détermination de la TTR présumée	689
Tableau J.1 – Pourcentage pratique du courant de défaut proche en ligne	711
Tableau M.1 – Valeurs normales de la TTR inhérente pour T30, cas de disjoncteurs prévus pour être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité – Tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 100 kV – Représentation par deux paramètres	726
Tableau M.2 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour des disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV prévus pour être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité	727
Tableau N.1 – Résumé des essais de type liés aux caractéristiques mécaniques	729
Tableau O.1 – Etablissement-coupure d'un courant capacitif triphasé dans des conditions réelles de fonctionnement: valeurs habituelles de la tension côté source, de la tension côté charge et de la tension de rétablissement	736
Tableau O.2 – Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs correspondants, conformément à 6.111.7 pour les essais de laboratoire en monophasé. Valeurs de la tension côté source, de la tension côté charge et de la tension de rétablissement	737
Tableau O.3 – Séquences d'essais T10, T30, T60 et T100s – Facteur de premier pôle: 1,5. Valeurs de tension au cours de la coupure triphasée	740

Tableau O.4 – Séquences d'essais T10, T30, T60 et T100s – Facteur de premier pôle: 1.3. Valeurs de tension au cours de la coupure triphasée	740
Tableau O.5 – Etablissement et coupure de courants capacitifs dans des conditions réelles de fonctionnement: valeurs typiques de tension maximales	741
Tableau Q.1 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai triphasé, lorsque la constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai est plus courte que la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit	751
Tableau Q.2 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai est plus longue que la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit	752
Tableau Q.3 – Exemple montrant les paramètres d'essais obtenus lors d'un essai monophasé lorsque la constante de temps de la composante apériodique du circuit d'essai est plus courte que la constante de temps de la composante apériodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit	754
Tableau R.1 – Résultats du calcul de TTR pour les défauts aux bornes et discordance de phases	763
Tableau R.2 – Résultats du calcul de TTR pour la séquence d'essais L _{g0}	767
Tableau R.3 – Résultats des calculs de TTR pour la séquence d'essais T10.....	770

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 100: Disjoncteurs 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 62271-100 comprend la deuxième édition (2008) [documents 17A/815/FDIS et 17A/822/RVD] et son amendement 1 (2012) [documents 17A/1009/FDIS et 17A/1019/RVD]. Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; 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 l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 62271-100 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

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

- introduction des formes d'onde de TTR harmonisées (CEI et IEEE) pour les tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV (amendement 1 de la première édition);
- introduction des réseaux par câbles et réseaux aériens et de leurs TTR associées pour les tensions assignées inférieures à 100 kV (amendement 2 de la première édition)
- inclusion des CEI 61633 et CEI 62271-308.

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

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 62271-1, première édition, publiée en 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 celui 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.

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.

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.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 est applicable aux disjoncteurs à courant alternatif conçus pour l'installation à l'intérieur ou à l'extérieur, et pour fonctionner à des fréquences de 50 Hz à 60 Hz, sur des réseaux de tensions supérieures à 1 000 V.

Elle est applicable uniquement aux disjoncteurs tripolaires pour réseaux triphasés et aux disjoncteurs unipolaires pour réseaux monophasés. Les disjoncteurs bipolaires pour réseaux monophasés et les applications à des fréquences inférieures à 50 Hz font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Cette norme est également applicable aux dispositifs de commande des disjoncteurs et à leurs équipements auxiliaires. Toutefois, cette norme ne couvre pas les disjoncteurs comportant un mécanisme de fermeture à manœuvre dépendante manuelle, car pour ces appareils on ne peut spécifier un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, et une telle manœuvre dépendante manuelle peut être inacceptable pour des raisons de sécurité.

Les règles relatives aux disjoncteurs ayant une non-simultanéité intentionnelle entre les pôles sont à l'étude; les disjoncteurs pourvus d'un dispositif de refermeture automatique unipolaire sont compris dans le domaine d'application de la présente norme.

NOTE 1 Les disjoncteurs ayant une non-simultanéité intentionnelle entre les pôles peuvent, dans certains cas, être soumis aux essais conformément à la présente norme. Par exemple, ceux de type à pôles décalés mécaniquement peuvent être soumis aux essais conformément à cette norme, à l'aide d'essais directs triphasés. Pour les essais synthétiques, la détermination des essais les plus appropriés, en particulier en ce qui concerne le courant d'essai, la tension de rétablissement et la tension transitoire de rétablissement, est soumise à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Cette norme ne couvre pas les disjoncteurs destinés aux unités motrices des équipements de traction électrique; ceux-ci sont couverts par la CEI 60077 [1]¹.

Les disjoncteurs d'alternateur installés entre l'alternateur et le transformateur élévateur ne sont pas du domaine d'application de cette norme.

L'établissement et la coupure de charge inductive sont couverts par la CEI 62271-110.

La présente norme ne traite pas des disjoncteurs à déclenchement autonome ~~avec~~ ayant des dispositifs de déclenchement ~~mécaniques ou des dispositifs~~ qui ne peuvent pas être rendus inopérants pendant l'essai.

Les disjoncteurs installés comme des interrupteurs de contournement en parallèle avec des condensateurs série de ligne et leurs dispositifs de protection n'entrent pas dans le domaine d'application de la présente norme. Ils sont couverts par la CEI 62271-109 [2] et la CEI 60143-2 [3].

¹⁾ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

NOTE 2 Il convient que les essais en vue de vérifier le fonctionnement des disjoncteurs dans des conditions anormales fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. De telles conditions anormales sont, par exemple, celles qui se produisent lorsque la tension est supérieure à la tension assignée du disjoncteur, ce qui peut arriver lors de la perte soudaine de la charge sur des lignes longues ou sur des câbles.

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 – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

CEI 60050(601):1985, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 601: Production, transport et distribution d'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique international – Chapitre 604: Production, transport et distribution d'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60059, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

CEI 60060-1:1989, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relative aux essais*

CEI 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60137: *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V*

CEI 60255-3:1989, *Relais électriques – Troisième partie: Relais de mesure et dispositifs de protection à une seule grandeur d'alimentation d'entrée à temps dépendant ou indépendant*

CEI 60296, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60376: *Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf*

CEI 60480, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique*

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

CEI/TS 61634, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation du gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

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

CEI 62271-101:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 101: Essais synthétiques*

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

CEI 62271-110, *Appareillage à haute tension – Partie 110: Courants inductifs*