

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**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

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-4470-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



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

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

CONTENTS

FOREWORD.....	13
INTRODUCTION to the Amendment	15
1 General.....	16
1.1 Scope.....	16
1.2 Normative references	17
2 Normal and special service conditions.....	18
3 Terms and definitions	18
3.1 General terms.....	18
3.2 Assemblies	22
3.3 Parts of assemblies	22
3.4 Switching devices.....	22
3.5 Parts of circuit-breakers.....	24
3.6 Operation	26
3.7 Characteristic quantities	29
3.8 Index of definitions	36
4 Ratings.....	40
4.1 Rated voltage (U_r).....	41
4.2 Rated insulation level	41
4.3 Rated frequency (f_r).....	42
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise	43
4.5 Rated short-time withstand current (I_k).....	43
4.6 Rated peak withstand current (I_p).....	43
4.7 Rated duration of short circuit (t_k).....	43
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	43
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits.....	43
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or interruption controlled pressure systems	43
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation	43
4.101 Rated short-circuit breaking current (I_{sc}).....	44
4.102 Transient recovery voltage related to the rated short circuit breaking current.....	44
4.102 Rated first-pole-to-clear factor	55
4.103 Rated short-circuit making current	56
4.104 Rated operating sequence	56
4.105 Characteristics for Short-line faults breaking capability	57
4.106 Rated out-of-phase making and breaking current.....	58
4.107 Rated capacitive switching currents	59
4.108 Inductive load switching.....	62
4.109 Rated time quantities Void	62
4.110 Number of mechanical operations.....	63
4.111 Classification of circuit-breakers as a function of electrical endurance	63
5 Design and construction	64
5.1 Requirements for liquids in circuit-breakers	64
5.2 Requirements for gases in circuit-breakers	64

5.3	Earthing of circuit-breakers	64
5.4	Auxiliary equipment	64
5.5	Dependent power closing operation	65
5.6	Stored energy closing operation	65
5.7	Independent manual or power operation	65
5.8	Operation of releases	65
5.9	Low- and high-pressure interlocking devices	66
5.10	Nameplates	66
5.11	Interlocking devices	68
5.12	Position indication	68
5.13	Degrees of protection by enclosures	68
5.14	Creepage distances	68
5.15	Gas and vacuum tightness	68
5.16	Liquid tightness	68
5.17	Fire hazard (flammability)	68
5.18	Electromagnetic compatibility	68
5.19	X-ray emission	69
5.20	Corrosion	69
5.101	Requirements for simultaneity of poles during single closing and single opening operations	69
5.102	General requirement for operation	69
5.103	Pressure limits of fluids for operation	70
5.104	Vent outlets	70
5.105	Time quantities	70
5.106	Static mechanical loads	71
6	Type tests	72
6.1	General	72
6.2	Dielectric tests	75
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	80
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	80
6.5	Temperature-rise tests	80
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	81
6.7	Verification of the degree of protection	82
6.8	Tightness tests	82
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	82
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	82
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters	83
6.101	Mechanical and environmental tests	83
6.102	Miscellaneous provisions for making and breaking tests	95
6.103	Test circuits for short-circuit making and breaking tests	133
6.104	Short-circuit test quantities	135
6.105	Short-circuit test procedure	160
6.106	Basic short-circuit test-duties	162
6.107	Critical current tests	169
6.108	Single-phase and double-earth fault tests	169
6.109	Short-line fault tests	171
6.110	Out-of-phase making and breaking tests	177
6.111	Capacitive current switching tests	179

6.112	Special requirements for making and breaking tests on class E2 circuit-breakers	206
7	Routine tests	207
7.1	Dielectric test on the main circuit	207
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	209
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	209
7.4	Tightness test.....	209
7.5	Design and visual checks	209
7.101	Mechanical operating tests	209
8	Guidance to the selection of circuit-breakers for service	211
8.101	General	211
8.102	Selection of rated values for service conditions	213
8.103	Selection of rated values for fault conditions	215
8.104	Selection for electrical endurance in networks of rated voltage above 1 kV and up to and including 52 kV.....	220
8.105	Selection for capacitive current switching.....	220
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	220
9.101	Information to be given with enquiries and orders	220
9.102	Information to be given with tenders	222
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	224
10.1	Conditions during transport, storage and installation.....	224
10.2	Installation.....	224
10.3	Operation	230
10.4	Maintenance	230
11	Safety.....	230
12	Influence of the product on the environment	230
	Annex A (normative) Calculation of transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics	306
A.1	Basic approach.....	306
A.2	Transient voltage on line side	308
A.3	Transient voltage on source side	309
A.4	Examples of calculations	311
	Annex B (normative) Tolerances on test quantities during type tests.....	317
	Annex C (normative) Records and reports of type tests	326
C.1	Information and results to be recorded.....	326
C.2	Information to be included in type test reports	326
	Annex D (normative) Determination of short-circuit power factor	330
D.1	Method I – Calculation from d.c. component	330
D.2	Method II – Determination with pilot generator.....	330
	Annex E (normative) Method of drawing the envelope determination of the prospective TRV of a circuit and determining the representative parameters	332
E.1	Introduction General	332
E.2	Drawing the envelope	333
E.3	Determination of parameters.....	333
	Annex F (normative) Methods of determining prospective transient recovery voltage waves	337
F.1	Introduction General	337
F.2	General summary of the recommended methods	338

F.3	Detailed consideration of the recommended methods	339
F.4	Comparison of methods	343
Annex G (normative)	Rationale behind introduction of circuit-breakers class E2	353
Annex H (informative) Inrush currents of single and back-to-back capacitor banks		
H.1 — General		
H.2 — Example 1 — One capacitor to be switched in parallel (see Figure H.1)		
H.3 — Example 2 — Two capacitors to be switched in parallel (see Figure H.2)		
Annex I (informative) Explanatory notes		
I.1 — General		
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		
I.3 — Explanatory note regarding capacitive current switching tests (6.111)		
Annex J (informative) Test current and line length tolerances for short-line fault testing		
Annex K (informative) List of symbols and abbreviations used in this standard		
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		
L.1 — General		
L.2 — Terminal fault		
L.3 — Short-line fault		
L.4 — Out-of-phase		
L.5 — Series reactor fault		
L.6 — TRV for last clearing poles / Tests circuit topology		
Annex M (normative informative)	Requirements for breaking of transformer-limited faults by circuit-breakers with rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV	376
M.1	General	376
M.2	Circuit-breakers with rated voltage less than 100 kV	377
M.3	Circuit-breakers with rated voltage from 100 kV to 800 kV	380
M.4	Circuit-breakers with rated voltage higher than 800 kV	380
Annex N (normative)	Use of mechanical characteristics and related requirements	382
Annex O (informative normative)	Guidance Requirements for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	385
O.1	General	396
O.2	Reduced number of units for testing purposes	397
O.3	Tests for single pole in one enclosure	397
O.4	Tests for three poles in one enclosure	400
Annex P (normative) Calculation of the TRV parameters during asymmetrical fault condition (T100a)		
Annex Q (informative) Examples for the application of the asymmetry criteria during asymmetrical test-duty T100a		
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		
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		
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		
Annex R (normative)	Requirements for circuit-breakers with opening resistors	415

R.1	General	415
R.2	Switching performance to be verified	415
R.3	Insertion time of the resistor	428
R.4	Current carrying performance	428
R.5	Dielectric performance	428
R.6	Mechanical performance	428
R.7	Requirements for the specification of opening resistors	428
R.8	Examples of recovery voltage waveshapes	428
Annex S (normative) Verification of capacitive current switching in presence of single or two-phase earth faults		432
S.1	General	432
S.2	Test voltage	432
S.3	Test current	432
S.4	Test-duty	433
S.5	Criteria to pass the tests	433
Bibliography		434
Figure 1 – Typical oscillogram of a three-phase short-circuit make-break cycle		232
Figure 2 – Circuit-breaker without switching resistors – Opening and closing operations.....		235
Figure 3 – Circuit breaker without switching resistors – Close-open cycle		237
Figure 4 – Circuit-breaker without switching resistors – Reclosing (auto-reclosing).....		239
Figure 5 – Circuit-breaker with switching resistors – Opening and closing operations		241
Figure 6 – Circuit-breaker with switching resistors – Close-open cycle.....		243
Figure 7 – Circuit-breaker with switching resistors – Reclosing (auto-reclosing).....		245
Figure 8 – Determination of short-circuit making and breaking currents, and of percentage d.c. component.....		246
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		247
Figure 10 – Representation of a specified four-parameter TRV and a delay line for T100, T60, short-line fault and out-of-phase condition.....		248
Figure 11 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line		248
Figure 12 - ITRV circuit and representation of ITRV in relationship to TRV		249
Figure 13 – Three-phase short-circuit representation		251
Figure 14 – Alternative representation of Figure 13.....		252
Figure 15 – Basic short-line fault circuit		253
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}.....		254
Figure 16 – Examples of line side transient voltages		254
Figure 17 – Test sequences for low and high temperature tests		255
Figure 18 – Humidity test		256
Figure 19 – Static terminal load forces		257
Figure 20 – Directions for static terminal load tests		258
Figure 21 – Permitted number of samples for making, breaking and switching tests, illustrations of the statements in 6.102.2		259
Figure 22 – Definition of a single test specimen in accordance with 3.2.2 of IEC 62271-1		260

Figure 23a – Reference mechanical characteristics (idealised curve).....	262
Figure 23b – Reference mechanical characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes centered over the reference curve (+5 %, –5 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	262
Figure 23c – Reference mechanical 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	263
Figure 23d – Reference mechanical 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	263
Figure 24 – Equivalent testing set-up for unit testing of circuit-breakers with more than one separate interrupter units	264
Figure 25 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5.....	265
Figure 26 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3.....	266
Figure 27 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5.....	267
Figure 28 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3.....	267
Figure 29 – 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) an example of the three valid symmetrical breaking operations for $k_{pp} = 1,5$	270
Figure 30 – 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) $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$	272
Figure 31 – Graphical representation of an example 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) for $k_{pp} = 1,5$	274
Figure 32 – 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) for $k_{pp} = 1,5$	276
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) for $k_{pp} = 1,5$	278
Figure 34 – Graphical representation of an example 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) for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$	280
Figure 35 – Graphical representation of an example 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 1,3) for $k_{pp} = 1,5$	282
Figure 36 – Graphical representation of an example 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 1,3) for $k_{pp} = 1,2$ and $1,3$	284
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	286
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	287

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	288
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	289
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	289
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	289
Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test	291
Figure 44 – Determination of power frequency recovery voltage	292
Figure 45 – Necessity of additional single-phase tests and requirements for testing	293
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	295
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	297
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.....	299
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	300
Figure 50 – Compensation of deficiency of the source side time delay by an increase of the excursion of the line side voltage	301
Figure 51 – Test circuit for single-phase out-of-phase tests	302
Figure 52 – Test circuit for out-of-phase tests using two voltages separated by 120 electrical degrees	302
Figure 53 – Test circuit for out-of-phase tests with one terminal of the circuit-breaker earthed (subject to agreement of the manufacturer)	303
Figure 54 – Recovery voltage for capacitive current breaking tests	303
Figure 55 – Reclassification procedure for line and cable-charging current switching tests	304
Figure 56 – Reclassification procedure for capacitor bank current switching tests.....	305
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	285
Figure 59 – Example of wind velocity measurement	257
Figure 60 – Graphical representation of the time parameters for the demonstration of arcing times in three-phase tests of test-duty T100a	268
Figure A.1 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay.....	314
Figure A.2 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay, source side with ITRV	315
Figure A.3 – Actual course of the source side transient recovery voltage for short-line fault L ₉₀ , L ₇₅ and L ₆₀	316
Figure E.1 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 1)	335
Figure E.2 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 2)	335

Figure E.3 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) i)	336
Figure E.4 – Representation by two parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) ii)	336
Figure F.1 – Effect of depression on the peak value of the TRV	346
Figure F.2 – TRV in case of ideal breaking	346
Figure F.3 – Breaking with arc-voltage present	347
Figure F.4 – Breaking with pronounced premature current-zero	347
Figure F.5 – Breaking with post-arc current.....	347
Figure F.6 – Relationship between the values of current and TRV occurring in test and those prospective to the system.....	348
Figure F.7 – Schematic diagram of power-frequency current injection apparatus	349
Figure F.8 – Sequence of operation of power-frequency current injection apparatus	350
Figure F.9 – Schematic diagram of capacitance injection apparatus	351
Figure F.10 – Sequence of operation of capacitor-injection apparatus	352
Figure H.1 – Circuit diagram for example 1
Figure H.2 – Circuit diagram for example 2
Figure H.3 – Equations for the calculation of capacitor bank inrush currents
Figure M.1 – First example of transformer-limited fault (also called transformer-fed fault).....	376
Figure M.2 – Second example of transformer-limited fault (also called transformer-secondary fault).....	377
Figure O.1 – Test configuration considered in Tables O.1, O.2 and O.3.....	398
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.....
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.....
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
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
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
Figure R.1 – Typical system configuration for interruption by a circuit-breaker with opening resistors	415
Figure R.2 – Test circuit for test duties T60 and T100.....	417
Figure R.3 – Test circuit for test duties T10, T30 and OP2.....	417
Figure R.4 – Example of an underdamped TRV for T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	420
Figure R.5 – Example of an overdamped TRV for T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	421
Figure R.6 – Example of a test circuit for short-line fault test duty L_{90}	422
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 $f_r = 50\ \text{Hz}$	423
Figure R.8 – Typical recovery voltage waveshape of capacitive current switching on a circuit-breaker equipped with opening resistors	425

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 426

Figure R.10 – TRV waveshapes for high short-circuit current breaking operation 429

Figure R.11 – Currents in case of high short-circuit current breaking operation 429

Figure R.12 – TRV shapes for low short-circuit current breaking operation 430

Figure R.13 – Currents in case of low short-circuit current breaking operation 430

Figure R.14 – Voltage waveshapes for line-charging current breaking operation 431

Figure R.15 – Current waveshapes for line-charging current breaking operation 431

~~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 160~~

~~Table 2 – Standard values of transient recovery voltage^c for class S2 circuit breakers – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters 160~~

~~Table 3 – Standard values of transient recovery voltage^a – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for effectively earthed systems – Representation by four parameters 160~~

~~Table 4 – Standard values of transient recovery voltage^a – Rated voltages of 100 kV to 170 kV for non-effectively earthed systems – Representation by four parameters 160~~

~~Table 5 – Standard values of transient recovery voltage^a – Rated voltages 245 kV and above for effectively earthed systems – Representation by four parameters 160~~

Table 6 – Standard multipliers for TRV values for second and third clearing poles for rated voltages above 1 kV 160

Table 7 – Standard values of ITRV – Rated voltages 100 kV and above 159

Table 8 – Values of line characteristics for short-line faults 173

Table 9 – Preferred values of rated capacitive switching currents 61

Table 10 – Nameplate information 67

Table 11 – Type tests 73

Table 12 – Invalid tests 75

Table 13 – Number of operating sequences 87

Table 14 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test 71

~~Table 15 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45\text{ ms}$ 75~~

~~Table 16 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60\text{ ms}$ 75~~

~~Table 17 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75\text{ ms}$ 75~~

~~Table 18 – Last current loop parameters for 50 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120\text{ ms}$ 75~~

~~Table 19 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 45\text{ ms}$ 75~~

~~Table 20 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 60\text{ ms}$ 75~~

~~Table 21 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 75\text{ ms}$ 75~~

~~Table 22 – Last current loop parameters for 60 Hz operation in relation with short-circuit test-duty T100a $\tau = 120\text{ ms}$ 75~~

Table 23 – Interrupting window for tests with symmetrical current.....	133
Table 24 – Standard Values of prospective TRV for class S1 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,5$ – Rated voltage higher than 1 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters	147
Table 25 – Standard Values of prospective TRV ^e for class S2 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,5$ – Rated voltage equal to or higher than 15 kV and less than 100 kV – Representation by two parameters	151
Table 26 – Standard Values of prospective TRV for circuit-breakers rated for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$ – Rated voltages of 100 kV to 800 kV for effectively earthed neutral systems and above – Representation by four parameters (T100, T60, OP1 and OP2) or two parameters (T30, T10)	154
Table 27 – Standard Values of prospective TRV for circuit-breakers rated for $k_{pp} = 1,5$ – 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)	157
Table 28 – TRV parameters for single-phase and double earth fault tests	170
Table 29 – Test-duties to demonstrate the out-of-phase rating.....	179
Table 30 – Class C2 test duties	188
Table 30 – Common requirements for test-duties	198
Table 31 – Class C1 test duties	198
Table 32 – Specified values of u_1 , t_1 , u_c and t_2	204
Table 33 – Operating sequence for electrical endurance test on class E2 circuit- breakers intended for auto-reclosing duty according to 6.112.2.....	207
Table 34 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit.....	207
Table 35 – Relationship between short-circuit power factor, time constant and power frequency.....	215
Table 36 – Rated insulation levels for rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV	42
Table 37 – Peak factors for the rated short-circuit making current.....	56
Table 38 – Test requirements for voltage tests as condition check for GIS and dead tank circuit-breakers	80
Table 39 – Last current loop parameters in three-phase tests and in single-phase tests in substitution for three-phase conditions in relation with short-circuit test-duty T100a – Tests for 50 Hz operation.....	127
Table 40 – Last current loop parameters in three-phase tests and in single-phase tests in substitution for three-phase conditions in relation with short-circuit test-duty T100a – Tests for 60 Hz operation.....	128
Table 41 – TRV parameters for single-phase tests in substitution for three-phase tests to demonstrate the interruption of the second-pole-to-clear for $k_{pp} = 1,3$	129
Table 42 – TRV parameters for single-phase tests in substitution for three-phase tests to demonstrate the interruption of the third-pole-to-clear for $k_{pp} = 1,3$	129
Table 43 – Values of prospective TRV for class S1 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,3$	149
Table 44 – Values of prospective TRV for class S2 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,3$	152
Table 45 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S1 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,5$	145
Table 46 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S2 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,5$	145
Table 47 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S1 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,0$	146
Table 48 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S2 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,0$	146

Table 49 – Values of prospective TRV for the supply circuit of short-line fault tests	176
Table 50 – Test voltage for partial discharge test.....	209
Table A.1 – Ratios of voltage-drop and source-side TRV	308
Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests	318
Table F.1 – Methods for determination of prospective TRV	344
Table J.1 – Actual percentage short-line fault breaking currents
Table M.1 – Standard Required values of prospective TRV 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 for non-effectively earthed neutral systems – Representation by two parameter	379
Table M.2 – Required values of prospective TRV for circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV intended to be connected to a transformer with a connection of low capacitance	381
Table M.3 – Required values of prospective TRV 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 for effectively earthed neutral systems.....	380
Table N.1 – Summary of type tests related to mechanical characteristics.....
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	398
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	399
Table O.3 – Test duties T10, T30, T60 and T100s – First pole to clear factor: 1,5. Voltage values during 3-phase interruption
Table O.4 – Test duties T10, T30, T60 and T100s – First pole to clear factor: 1,3. Voltage values during 3-phase interruption
Table O.3 – Capacitive current switching in actual service conditions: maximum typical voltage values.....	401
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.....
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.....
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.....
Table R.1 – Results of the TRV calculation for terminal faults and out-of-phase.....	419
Table R.2 – Results of the TRV calculation for test-duty L _{g0}	423
Table R.3 – Results of the TRV calculations for test-duty T10.....	426

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 62271-100 bears the edition number 2.2. It consists of the second edition (2008-04) [documents 17A/815/FDIS and 17A/822/RVD], its amendment 1 (2012-09) [documents 17A/1009/FDIS and 17A/1019/RVD] and its amendment 2 (2017-06) [documents 17A/1135/FDIS and 17A/1139/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

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.

The contents of the corrigendum of Amendment 1 (2012-12) have been included in this copy.

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.

INTRODUCTION to the Amendment 2

This amendment includes the following significant technical changes:

the rated TRV has been replaced by a rated first-pole-to-clear factor;

- the rated time quantities have been moved to Clause 5 (Design and construction) and are no longer ratings. The determination of the break time has been moved to IEC 62271-306;
- the number of test specimens has been removed;
- new test procedure for test-duty T100a;
- TRVs for circuit-breakers having a rated voltage of 52 kV and below used in effectively earthed neutral systems have been added;
- 6.111 (capacitive current switching) has been rewritten;
- a number of informative annexes have been moved to IEC TR 62271-306.

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.

This standard only covers direct testing.

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 60137:2008, *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 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

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.....	448
INTRODUCTION à l'Amendement 2.....	450
1 Généralités.....	451
1.1 Domaine d'application.....	451
1.2 Références normatives.....	452
2 Conditions normales et spéciales de service.....	453
3 Termes et définitions.....	453
3.1 Termes généraux.....	453
3.2 Ensembles.....	457
3.3 Parties d'ensembles.....	457
3.4 Appareils de connexion.....	458
3.5 Partie de disjoncteur.....	459
3.6 Fonctionnement.....	462
3.7 Grandeurs caractéristiques.....	464
3.8 Index des définitions.....	471
4 Caractéristiques assignées.....	475
4.1 Tension assignée (U_r).....	476
4.2 Niveau d'isolement assigné.....	476
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	478
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement.....	479
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k).....	479
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	479
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k).....	479
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a).....	479
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.....	479
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manœuvre et/ou la coupure les systèmes à pression entretenue.....	479
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre.....	480
4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{sc}).....	480
4.102 Tension transitoire de rétablissement relative au pouvoir de coupure assigné.....	492
4.102 Facteur assigné de premier pôle qui coupe.....	492
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.....	493
4.104 Séquence de manœuvres assignée.....	493
4.105 Caractéristiques pour les défauts Pouvoir de coupure de défaut proches en ligne.....	494
4.106 Pouvoir de fermeture et pouvoir de coupure assignés en discordance de phases.....	495
4.107 Pouvoir de coupure et pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs.....	496
4.108 Manœuvre de charges inductives.....	499
4.109 Durées assignées Vide.....	499
4.110 Nombre de manœuvres mécaniques.....	500
4.111 Classification des disjoncteurs en fonction de leur endurance électrique.....	500
5 Conception et construction.....	501

5.1	Exigences pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs	501
5.2	Exigences pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs	501
5.3	Raccordement à la terre des disjoncteurs	501
5.4	Equipements auxiliaires	501
5.5	Fermeture Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	502
5.6	Fermeture à accumulation d'énergie	502
5.7	Manœuvre manuelle indépendante ou à source d'énergie extérieure	502
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	502
5.9	Verrouillages à basse et à haute pression	504
5.10	Plaques signalétiques	504
5.11	Verrouillages	506
5.12	Indicateur de position	506
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes	506
5.14	Lignes de fuite	506
5.15	Étanchéité au gaz et au vide	506
5.16	Étanchéité au liquide	506
5.17	Risque de feu (inflammabilité)	507
5.18	Compatibilité électromagnétique	507
5.19	Emission de rayons X	507
5.20	Corrosion	507
5.101	Exigences concernant la simultanéité des pôles pendant des manœuvres simples de fermeture et d'ouverture	507
5.102	Exigence générale de fonctionnement	508
5.103	Limites de pression des fluides pour la manœuvre	508
5.104	Orifice d'évacuation	508
5.105	Durées	509
5.106	Charges mécaniques statiques	509
6	Essais de type	510
6.1	Généralités	510
6.2	Essais diélectriques	513
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	518
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	519
6.5	Essais d'échauffement	519
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	519
6.7	Vérification du degré de protection	520
6.8	Essais d'étanchéité	520
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique	520
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	521
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	522
6.101	Essais mécaniques et climatiques	522
6.102	Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	535
6.103	Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court- circuit	574
6.104	Caractéristiques pour les essais de court-circuit	576
6.105	Procédure d'essai en court-circuit	604
6.106	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	606
6.107	Essais au courant critique	613
6.108	Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre	614

6.109	Essais de défaut proche en ligne	616
6.110	Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases	622
6.111	Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	624
6.112	Exigences spéciales pour les essais de coupure et de fermeture des disjoncteurs de classe E2.....	655
7	Essais individuels	656
7.1	Essais diélectriques du circuit principal.....	656
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	658
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	658
7.4	Essai d'étanchéité	658
7.5	Contrôles visuels et du modèle	658
7.101	Essais de fonctionnement mécanique	659
8	Lignes directrices pour le choix des disjoncteurs selon le service	661
8.101	Généralités	661
8.102	Choix des valeurs assignées pour les conditions de service	662
8.103	Choix des valeurs assignées pour les conditions de fonctionnement sur défaut.....	665
8.104	Choix de l'endurance électrique pour les réseaux de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus.....	671
8.105	Choix de la manœuvre de courant capacitif	671
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes.....	671
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	671
9.102	Renseignements à donner avec les soumissions	672
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance.....	674
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	674
10.2	Installation.....	675
10.3	Fonctionnement.....	681
10.4	Maintenance	681
11	Sécurité.....	681
12	Influence du produit sur l'environnement	682
Annexe A (normative) Calcul des tensions transitoires de rétablissement pour les défauts proches en ligne à partir des caractéristiques assignées		758
A.1	Approche de base.....	758
A.2	Tension transitoire côté ligne.....	760
A.3	Tension transitoire côté alimentation	761
A.4	Exemples de calculs	763
Annexe B (normative) Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type		769
Annexe C (normative) Enregistrement et comptes rendus des essais de type		779
C.1	Renseignements et résultats à enregistrer.....	779
C.2	Renseignements à fournir dans les comptes rendus	779
Annexe D (normative) Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit.....		783
D.1	Méthode I – Détermination d'après la composante apériodique.....	783
D.2	Méthode II – Détermination avec un générateur pilote	784
Annexe E (normative) Méthode de tracé de l'enveloppe détermination de la TTR présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs		785
E.1	Introduction Généralités	785
E.2	Tracé de l'enveloppe	786

E.3	Détermination des paramètres	787
Annexe F (normative) Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée		790
F.1	Introduction Généralités	790
F.2	Résumé général des méthodes recommandées	791
F.3	Étude détaillée des méthodes recommandées	792
F.4	Comparaison des méthodes	797
Annexe G (normative) Raison d'être de l'introduction de disjoncteurs de classe E2		808
Annexe H (informative) Courants d'appel des batteries de condensateurs simples et à gradins		
H.1 Généralités		
H.2 Exemple 1 Manœuvre d'un condensateur en parallèle (voir Figure H.1)		
H.3 Exemple 2 Manœuvre de deux condensateurs en parallèle (voir Figure H.2)		
Annexe I (informative) Notes explicatives		
I.1 Généralités		
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		
I.3 Notes explicatives relatives aux essais de commutation de courants capacitifs (6.111)		
Annexe J (Informative) Tolérances sur le courant d'essai et la longueur de ligne en essai de défaut proche en ligne		
Annexe K (informative) Liste des symboles et abréviations utilisés dans cette norme		
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		
L.1 Généralités		
L.2 Défaut aux bornes		
L.3 Défaut proche en ligne		
L.4 Discordance de phases		
L.5 Défaut avec réactance de limitation (ou réactance série)		
L.6 TTR pour les derniers pôles qui coupent / Topologie de circuit d'essais		
Annexe M (normative informative) 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		832
M.1	Généralités	832
M.2	Disjoncteurs de tension assignée inférieure à 100 kV	833
M.3	Disjoncteurs de tension assignée de 100 kV à 800 kV	836
M.4	Disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV	836
Annexe N (normative) Utilisation des caractéristiques mécaniques et exigences liées associées		838
Annexe O (informative normative) Lignes directrices pour la procédure d'essai d'établissement et de coupure de courants de court-circuit Exigences pour les procédures d'essai en court-circuit et de manœuvres pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre		841
O.1	Généralités	854
O.2	Nombre réduit d'éléments destinés aux essais	855
O.3	Essais d'un pôle unique dans une seule enveloppe	855
O.4	Essais de trois pôles dans une seule enveloppe	859

~~Annexe P (normative) Calcul des paramètres de la TTR durant des conditions de défauts asymétriques (T100a)~~.....

~~Annexe Q (informative) Exemples d'application des critères d'asymétrie durant la séquence d'essais asymétriques T100a~~.....

~~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~~.....

~~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~~.....

~~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~~.....

Annexe R (normative) Exigences pour les disjoncteurs avec résistances d'ouverture..... 874

R.1 Généralités..... 874

R.2 Performance d'établissement et de coupure à vérifier..... 874

R.3 Durée d'insertion de la résistance..... 887

R.4 Capacité de tenue au courant..... 887

R.5 Performance diélectrique..... 887

R.6 Performance mécanique..... 887

R.7 Exigences pour la spécification des résistances d'ouverture..... 888

R.8 Exemples de formes d'onde de tension de rétablissement..... 888

Annexe S (normative) Vérification de l'établissement et de la coupure de courants capacitifs en présence de défauts monophasés ou biphasés à la terre..... 892

S.1 Généralités..... 892

S.2 Tension d'essai..... 892

S.3 Courant d'essai..... 892

S.4 Séquence d'essais..... 893

Bibliographie..... 894

Figure 1 – Oscillogramme type d'un cycle d'établissement-coupure en court-circuit triphasé..... 683

Figure 2 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Manœuvres d'ouverture et de fermeture..... 686

Figure 3 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture..... 688

Figure 4 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique)..... 690

Figure 5 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Manœuvres d'ouverture et de fermeture..... 692

Figure 6 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture..... 694

Figure 7 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique)..... 696

Figure 8 – Détermination des courants de court-circuit établi et coupé et du pourcentage de la composante apériodique..... 697

Figure 9 – Pourcentage de la composante apériodique en fonction de l'intervalle de temps à partir du début du courant de court-circuit pour les différentes constantes de temps normale τ_1 et pour les constantes de temps τ_2 , τ_3 et τ_4 des applications particulières..... 698

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, T60, de défaut proche en ligne et en discordance de phases..... 699

Figure 11 – Représentation d’une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard	699
Figure 12 - Circuit de TTRI et représentation de la TTRI en relation avec la TTR.....	700
Figure 13 – Représentation d’un court-circuit triphasé	702
Figure 14 – Représentation de variante à la Figure 13	703
Figure 15 – Circuit de base de défaut proche en ligne	704
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 t_L^*, t_L et t_{dL}.....	
Figure 16 – Exemples de tensions transitoires côté ligne	705
Figure 17 – Séquences d’essais pour les essais à basse et à haute température.....	706
Figure 18 – Essai à l’humidité	707
Figure 19 – Efforts statiques sur les bornes	
Figure 20 – Directions pour les essais d’efforts statiques sur les bornes.....	
Figure 21 – Nombre permis de spécimens pour les essais d’établissement et de coupure, illustration des spécifications de 6.102.2	
Figure 22 – Définition d’un essai conformément à 3.2.2 de l’IEC 62271-1	
Figure 23a – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée).....	713
Figure 23b – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l’enveloppe exigée centrée autour de la courbe de référence (+5 %, -5 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	713
Figure 23c – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l’enveloppe exigée déplacée totalement vers le haut par rapport à la courbe de référence (+10 %, -0 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	714
Figure 23d – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l’enveloppe exigée déplacée totalement vers le haut par rapport à la courbe de référence (+0 %, -10 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	714
Figure 24 – Montage d’essai équivalent pour les essais sur éléments séparés d’un disjoncteur ayant plus d’un élément de coupure.....	715
Figure 25 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.....	716
Figure 26 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.....	717
Figure 27 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.....	718
Figure 28 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.....	718
Figure 29 – Représentation graphique d’un exemple des trois coupures valables sur de courants symétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour $k_{pp} = 1,5$	721
Figure 30 – Représentation graphique des trois coupures valables sur de courants symétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour $k_{pp} = 1,2$ ou 1,3	723
Figure 31 – Représentation graphique d’un exemple des trois coupures valables sur de courants asymétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour $k_{pp} = 1,5$	725
Figure 32 – Représentation graphique d’un exemple des trois coupures valables sur de courants asymétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour $k_{pp} = 1,2$ ou 1,3	727

Figure 33 – Représentation graphique des trois coupures valables sur de courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé es dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour $k_{pp} = 1,5$	729
Figure 34 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables sur de courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé es dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,5) pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	731
Figure 35 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables sur de courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé es dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour $k_{pp} = 1,5$	733
Figure 36 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables sur de courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé es dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (facteur de premier pôle 1,3) pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	735
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 qui coupe égal à $1,3$	737
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 premier pôle égal à $1,5$	738
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	739
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	740
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	
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	
Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties	742
Figure 44 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle	743
Figure 45 – Nécessité d'essais additionnels monophasés et exigences d'essais	744
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	746
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	748
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	750
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	751
Figure 50 – Compensation d'un défaut du temps de retard côté alimentation par une augmentation de l'amplitude de la tension côté ligne	752
Figure 51 – Circuit d'essais pour les essais monophasés en discordance de phases	753
Figure 52 – Circuit d'essais avec deux tensions décalées de 120 degrés électriques pour les essais en discordance de phases	753

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)	754
Figure 54 – Tension de rétablissement pour les essais de coupure de courants capacitifs	755
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.....	756
Figure 56 – Procédure de re-classification pour les essais d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs	757
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	736
Figure 59 – Exemple de mesurage de la vitesse du vent.....	708
Figure 60 – Représentation graphique des paramètres de temps pour la démonstration des durées d'arc durant les essais en triphasé de la séquence d'essais T100a.....	719
Figure A.1 – Graphique typique des paramètres de TTR côté ligne et côté alimentation – Côté ligne et côté alimentation avec un temps de retard	766
Figure A.2 – Graphique typique des paramètres de TTR côté ligne et côté alimentation – Côté ligne et côté alimentation avec un temps de retard, côté alimentation avec TTRI.....	767
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}	768
Figure E.1 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 1).....	788
Figure E.2 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2 c) 2).....	788
Figure E.3 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 3) i).....	789
Figure E.4 – Représentation par deux paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 3) ii).....	789
Figure H.1 – Diagramme du circuit de l'exemple 1
Figure H.2 – Diagramme du circuit de l'exemple 2
Figure H.3 – Equations pour le calcul des courants d'appel de gradins de condensateurs
Figure F.1 – Influence de la réduction de la tension sur la valeur de crête de la TTR.....	801
Figure F.2 – TTR pour une coupure idéale.....	801
Figure F.3 – Coupure avec présence d'une tension d'arc.....	802
Figure F.4 – Coupure avec arrachement prononcé du courant	802
Figure F.5 – Coupure avec courant post-arc	802
Figure F.6 – Relation entre les valeurs du courant et de la TTR apparaissant lors de l'essai, et les valeurs présumées du réseau.....	803
Figure F.7 – Schéma de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle	804
Figure F.8 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle.....	805
Figure F.9 – Schéma de l'appareillage d'injection par condensateur	806
Figure F.10 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection par condensateur.....	807
Figure M.1 – Premier exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut alimenté par un transformateur)	832
Figure M.2 – Deuxième exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut au secondaire d'un transformateur).....	833
Figure O.1 – Configuration d'essai prise en compte dans les Tableaux O.1, O.2 et O.3	857

~~Figure O.1 — Configuration d'essai prise en compte dans les Tableaux O.1 et O.2.....~~

~~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.....~~

~~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.....~~

~~Figure Q.1 — Essais en triphasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante aperiodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai.....~~

~~Figure Q.2 — Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante aperiodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est inférieure à la constante de temps du circuit d'essai.....~~

~~Figure Q.3 — Essais en monophasé d'un disjoncteur dont la constante de temps de la composante aperiodique assignée du pouvoir de coupure assigné en court-circuit est supérieure à la constante de temps du circuit d'essai.....~~

Figure R.1 – Configuration de système type pour coupure par un disjoncteur avec résistances d'ouverture 874

Figure R.2 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T60 et T100 876

Figure R.3 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T10, T30 et OP2..... 876

Figure R.4 – Exemple de TTR sous-amortie pour T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$ 879

Figure R.5 – Exemple de TTR sur-amortie pour T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$ 880

Figure R.6 – Exemple de circuit d'essai pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L₉₀..... 881

Figure R.7 – Exemple de simulation par lignes réelles pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L₉₀ fondée sur $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$ et $f_r = 50\ \text{Hz}$ 882

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..... 884

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..... 885

Figure R.10 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit..... 888

Figure R.11 – Courants en cas de manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit..... 889

Figure R.12 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit..... 889

Figure R.13 – Courants en cas de manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit..... 890

Figure R.14 – Formes d'ondes de tension pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide 890

Figure R.15 – Formes d'ondes de courant pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide 891

~~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.....~~

Tableau 2 – Valeurs normales de la TTR^e pour les disjoncteurs de classe S2 – Tensions assignées égales ou supérieures à 15 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres	
Tableau 3 – Valeurs normales de la TTR^a – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres	
Tableau 4 – Valeurs normales de la TTR^a – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre non effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres	
Tableau 5 – Valeurs normales de la TTR^a – Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, cas de réseaux à neutre effectivement à la terre – Représentation par quatre paramètres	
Tableau 6 – Valeurs normales des multiplicateurs pour la TTR pour les deuxièmes et troisièmes pôles qui coupent à des tensions assignées supérieures à 1 kV	603
Tableau 7 – Valeurs normales de la TTRI – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	603
Tableau 8 – Valeurs des caractéristiques de ligne pour les défauts proches en ligne	618
Tableau 9 – Valeurs préférentielles de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs	498
Tableau 10 – Indications de la plaque signalétique	505
Tableau 11 – Essais de type	511
Tableau 12 – Essais non valables	513
Tableau 13 – Nombre de séquences de manœuvres	526
Tableau 14 – Exemples d’efforts statiques horizontaux et verticaux pour l’essai avec efforts statiques sur les bornes	510
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
Tableau 23 – Fenêtre de coupure pour les essais avec courant symétrique	574
Tableau 24 – Valeurs normales de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 1,5$ – Tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres	590
Tableau 25 – Valeurs normales de la TTR ^e présumée pour les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 1,5$ – Tensions assignées égales ou supérieures à 15 kV et inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres	594
Tableau 26 – Valeurs normales de la TTR présumée pour les disjoncteurs ayant une valeur assignée $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$ – Tensions assignées supérieures ou égales à 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).....	597
Tableau 27 – Valeurs normales de la TTR présumée pour les disjoncteurs ayant une valeur assignée $k_{pp} = 1,5$ – Tensions assignées comprises entre 100 kV et 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).....	600
Tableau 28 – Paramètres de TTR pour les essais de défaut monophasé et de double défaut à la terre	615
Tableau 29 – Séquences d'essais à effectuer pour vérifier les caractéristiques assignées en discordance de phases	624
Tableau 30 – Séquences d'essais pour la classe C2	646
Tableau 30 – Exigences communes pour les séquences d'essais	646
Tableau 31 – Séquences d'essais pour la classe C1	506
Tableau 32 – Valeurs spécifiées de u_1 , t_1 , u_c et t_2	653
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	656
Tableau 34 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal	657
Tableau 35 – Relation entre le facteur de puissance en court-circuit, la constante de temps et la fréquence industrielle	665
Tableau 36 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées 1 100 kV et 1 200 kV	478
Tableau 37 – Facteurs de crête pour le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	493
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	518
Tableau 39 – Paramètres de la dernière alternance de courant dans des essais en triphasé et en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour la séquence d'essais de court-circuit T100a – Essais pour une manœuvre à 50 Hz	568
Tableau 40 – Paramètres de la dernière alternance de courant dans des essais en triphasé et en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour la séquence d'essais de court-circuit T100a – Essais pour une manœuvre à 60 Hz	569
Tableau 41 – Paramètres de la TTR pour les essais en monophasé effectués en remplacement des essais triphasés pour démontrer la coupure du deuxième pôle qui coupe pour $k_{pp} = 1,3$	570
Tableau 42 – Paramètres de la TTR pour les essais en monophasé effectués en remplacement des essais en triphasé pour démontrer la coupure du troisième pôle qui coupe pour $k_{pp} = 1,3$	570
Tableau 43 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 1,3$	592
Tableau 44 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 1,3$	595
Tableau 45 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 2,5$	587
Tableau 46 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 2,5$	588
Tableau 47 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 2,0$	588
Tableau 48 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 2,0$	589
Tableau 49 – Valeurs de la TTR présumée du circuit d'alimentation utilisé lors des essais de défaut proche en ligne.....	621

Tableau 50 – Tension d'essai pour l'essai de décharges partielles.....	658
Tableau A.1 – Rapport des chutes de tension et de TTR côté alimentation	760
Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	770
Tableau F.1 – Méthodes pour la détermination de la TTR présumée	798
Tableau J.1 – Pourcentage pratique du courant de défaut proche en ligne.....
Tableau M.1 – Valeurs normales exigées de la TTR inhérente présumée pour T30, dans le cas de disjoncteurs prévus pour destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité – Tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 100 kV pour des réseaux à neutre non effectivement à la terre – Représentation par deux paramètres	835
Tableau M.2 – Valeurs exigées de la TTR présumée pour des disjoncteurs ayant des tensions assignées supérieures à 800 kV et destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité	837
Tableau M.3 – Valeurs exigées de la TTR présumée pour T30, dans le cas de disjoncteurs destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité – Tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 100 kV pour des réseaux à neutre effectivement à la terre	836
Tableau N.1 – Résumé des essais de type liés aux caractéristiques mécaniques
Tableau O.1 – Établissement et coupure de courants capacitifs triphasés dans des conditions réelles de fonctionnement de service: valeurs habituelles de la tensions côté alimentation source et côté charge et tensions de rétablissement	856
Tableau O.2 – Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs correspondants, conformément à 6.111.7 pour les essais en monophasé en laboratoire. Valeurs des tensions côté alimentation et côté charge, et tensions de rétablissement	857
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
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
Tableau O.3 – Établissement et coupure de courants capacitifs dans des conditions réelles de service: valeurs de tension typiques maximales.....	860
Tableau R.1 – Résultats du calcul de TTR pour les défauts aux bornes et discordance de phases	878
Tableau R.2 – Résultats du calcul de TTR pour la séquence d'essais Lg0	882
Tableau R.3 – Résultats des calculs de TTR pour la séquence d'essais T10.....	885

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif

AVANT-PROPOS

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC62271-100 porte le numéro d'édition 2.2. Elle comprend la deuxième édition (2008-04) [documents 17A/815/FDIS et 17A/822/RVD], son amendement 1 (2012-09) [documents 17A/1009/FDIS et 17A/1019/RVD] et son amendement 2 (2017-06) [documents 17A/1135/FDIS et 17A/1139/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

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

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

- introduction des formes d'onde de TTR harmonisées (IEC 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 IEC 61633 et IEC 62271-308.

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

Cette norme doit être lue conjointement avec l'IEC 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 l'IEC 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 l'IEC 62271-1, sont numérotés à partir de 101.

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

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

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

Le contenu du corrigendum à l'amendement 1 (2012-12) a été pris en considération dans cet exemplaire.

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.

INTRODUCTION à l'Amendement 2

Cet amendement inclut les modifications techniques majeures suivantes:

- la TTR assignée a été remplacée par un facteur assigné de premier pôle qui coupe;
- les durées assignées ont été déplacées à l'Article 5 (Conception et construction) et ne sont plus des caractéristiques assignées. La détermination de la durée de coupure a été déplacée vers l'IEC 62271-306;
- le nombre de spécimens d'essai a été supprimé;
- nouvelle procédure d'essai pour la séquence d'essais T100a;
- les TTR pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV utilisés dans des réseaux à neutre effectivement à la terre ont été ajoutées;
- le 6.111 (établissement et coupure de courants capacitifs) a été reformulé;
- plusieurs annexes informatives ont été déplacées vers l'IEC TR 62271-306.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 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.

La présente norme couvre uniquement les essais directs.

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 l'IEC 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 l'IEC 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 l'IEC 62271-109 [2] et l'IEC 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).

IEC 60050(151):2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

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

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

IEC 60059, *Caractéristiques des courants normaux de l'IEC*

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

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

IEC 60137:2008, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V*

IEC 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*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

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

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

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

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

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

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

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

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

FINAL VERSION

VERSION FINALE



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

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

CONTENTS

FOREWORD.....	11
INTRODUCTION to the Amendment 2	13
1 General.....	14
1.1 Scope.....	14
1.2 Normative references	15
2 Normal and special service conditions.....	16
3 Terms and definitions	16
3.1 General terms.....	16
3.2 Assemblies	20
3.3 Parts of assemblies	20
3.4 Switching devices.....	20
3.5 Parts of circuit-breakers.....	22
3.6 Operation	24
3.7 Characteristic quantities	26
3.8 Index of definitions	33
4 Ratings.....	37
4.1 Rated voltage (U_r).....	38
4.2 Rated insulation level	38
4.3 Rated frequency (f_r).....	39
4.4 Rated normal current (I_r) and temperature rise	40
4.5 Rated short-time withstand current (I_k).....	40
4.6 Rated peak withstand current (I_p).....	40
4.7 Rated duration of short circuit (t_k).....	40
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	40
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits.....	40
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	40
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation	40
4.101 Rated short-circuit breaking current (I_{sc})	40
4.102 Rated first-pole-to-clear factor	42
4.103 Rated short-circuit making current	42
4.104 Rated operating sequence	42
4.105 Short-line fault breaking capability.....	43
4.106 Rated out-of-phase making and breaking current.....	43
4.107 Rated capacitive switching currents	43
4.108 Inductive load switching.....	46
4.109 Void.....	46
4.110 Number of mechanical operations.....	46
4.111 Classification of circuit-breakers as a function of electrical endurance	46
5 Design and construction	47
5.1 Requirements for liquids in circuit-breakers	47
5.2 Requirements for gases in circuit-breakers	47
5.3 Earthing of circuit-breakers.....	47
5.4 Auxiliary equipment	47
5.5 Dependent power operation.....	48

5.6	Stored energy operation	48
5.7	Independent manual or power operation	48
5.8	Operation of releases	48
5.9	Low- and high-pressure interlocking devices.....	49
5.10	Nameplates	49
5.11	Interlocking devices	51
5.12	Position indication	51
5.13	Degrees of protection by enclosures	51
5.14	Creepage distances.....	51
5.15	Gas and vacuum tightness.....	51
5.16	Liquid tightness	51
5.17	Fire hazard (flammability)	51
5.18	Electromagnetic compatibility	51
5.19	X-ray emission.....	52
5.20	Corrosion.....	52
5.101	Requirements for simultaneity of poles during single closing and single opening operations	52
5.102	General requirement for operation	52
5.103	Pressure limits of fluids for operation.....	52
5.104	Vent outlets	53
5.105	Time quantities	53
5.106	Static mechanical loads	54
6	Type tests	54
6.1	General	54
6.2	Dielectric tests.....	57
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	61
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit	61
6.5	Temperature-rise tests.....	61
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	62
6.7	Verification of the degree of protection	62
6.8	Tightness tests	63
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	63
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits.....	63
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters	64
6.101	Mechanical and environmental tests	64
6.102	Miscellaneous provisions for making and breaking tests	74
6.103	Test circuits for short-circuit making and breaking tests.....	95
6.104	Short-circuit test quantities	97
6.105	Short-circuit test procedure.....	118
6.106	Basic short-circuit test-duties.....	120
6.107	Critical current tests	124
6.108	Single-phase and double-earth fault tests	125
6.109	Short-line fault tests	127
6.110	Out-of-phase making and breaking tests.....	132
6.111	Capacitive current switching tests.....	134
6.112	Special requirements for making and breaking tests on class E2 circuit-breakers	146
7	Routine tests	148
7.1	Dielectric test on the main circuit.....	148

7.2	Tests on auxiliary and control circuits	149
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	150
7.4	Tightness test	150
7.5	Design and visual checks	150
7.101	Mechanical operating tests	150
8	Guidance to the selection of circuit-breakers for service	152
8.101	General	152
8.102	Selection of rated values for service conditions	153
8.103	Selection of rated values for fault conditions	155
8.104	Selection for electrical endurance in networks of rated voltage above 1 kV and up to and including 52 kV	160
8.105	Selection for capacitive current switching	160
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	160
9.101	Information to be given with enquiries and orders	160
9.102	Information to be given with tenders	161
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance	163
10.1	Conditions during transport, storage and installation	163
10.2	Installation	163
10.3	Operation	169
10.4	Maintenance	169
11	Safety	170
12	Influence of the product on the environment	170
	Annex A (normative) Calculation of transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics	221
A.1	Basic approach	221
A.2	Transient voltage on line side	223
A.3	Transient voltage on source side	224
A.4	Examples of calculations	226
	Annex B (normative) Tolerances on test quantities during type tests	231
	Annex C (normative) Records and reports of type tests	240
C.1	Information and results to be recorded	240
C.2	Information to be included in type test reports	240
	Annex D (normative) Determination of short-circuit power factor	244
D.1	Method I – Calculation from d.c. component	244
D.2	Method II – Determination with pilot generator	244
	Annex E (normative) Method of determination of the prospective TRV	246
E.1	General	246
E.2	Drawing the envelope	246
E.3	Determination of parameters	247
	Annex F (normative) Methods of determining prospective transient recovery voltage waves	250
F.1	General	250
F.2	General summary of the recommended methods	251
F.3	Detailed consideration of the recommended methods	252
F.4	Comparison of methods	256
	Annex G (normative) Rationale behind introduction of circuit-breakers class E2	266
	Annex M (informative) Requirements for breaking of transformer-limited faults by circuit-breakers with rated voltage higher than 1 kV	267

M.1	General	267
M.2	Circuit-breakers with rated voltage less than 100 kV	268
M.3	Circuit-breakers with rated voltage from 100 kV to 800 kV	271
M.4	Circuit-breakers with rated voltage higher than 800 kV	271
Annex N (normative) Use of mechanical characteristics and related requirements		273
Annex O (normative) Requirements for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers		275
O.1	General	275
O.2	Reduced number of units for testing purposes	275
O.3	Tests for single pole in one enclosure	276
O.4	Tests for three poles in one enclosure	279
Annex R (normative) Requirements for circuit-breakers with opening resistors		281
R.1	General	281
R.2	Switching performance to be verified	281
R.3	Insertion time of the resistor	294
R.4	Current carrying performance	294
R.5	Dielectric performance	294
R.6	Mechanical performance	294
R.7	Requirements for the specification of opening resistors	294
R.8	Examples of recovery voltage waveshapes	294
Annex S (normative) Verification of capacitive current switching in presence of single or two-phase earth faults		298
S.1	General	298
S.2	Test voltage	298
S.3	Test current	298
S.4	Test-duty	299
S.5	Criteria to pass the tests	299
Bibliography		300
Figure 1 – Typical oscillogram of a three-phase short-circuit make-break cycle		171
Figure 2 – Circuit-breaker without switching resistors – Opening and closing operations.....		173
Figure 3 – Circuit breaker without switching resistors – Close-open cycle		174
Figure 4 – Circuit-breaker without switching resistors – Reclosing (auto-reclosing)		175
Figure 5 – Circuit-breaker with switching resistors – Opening and closing operations		176
Figure 6 – Circuit-breaker with switching resistors – Close-open cycle		177
Figure 7 – Circuit-breaker with switching resistors – Reclosing (auto-reclosing)		178
Figure 8 – Determination of short-circuit making and breaking currents, and of percentage d.c. component		179
Figure 9 – Percentage d.c. component in relation to the time interval from the initiation of the short-circuit for the different time constants		180
Figure 10 – Representation of a specified four-parameter TRV and a delay line for T100, T60, short-line fault and out-of-phase condition		181
Figure 11 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line		181
Figure 12 - ITRV circuit and representation of ITRV in relationship to TRV		182
Figure 13 – Three-phase short-circuit representation		183
Figure 14 – Alternative representation of Figure 13		184

Figure 15 – Basic short-line fault circuit	185
Figure 16 – Examples of line side transient voltages	186
Figure 17 – Test sequences for low and high temperature tests	187
Figure 18 – Humidity test	188
Figure 23a – Reference mechanical characteristics (idealised curve).....	190
Figure 23b – Reference mechanical characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes centered over the reference curve (+5 %, –5 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms	190
Figure 23c – Reference mechanical 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	191
Figure 23d – Reference mechanical 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	191
Figure 24 – Equivalent testing set-up for unit testing of circuit-breakers with more than one separate interrupter units	192
Figure 25 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to- clear factor 1,5.....	193
Figure 26 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to- clear factor 1,3.....	194
Figure 27 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to- clear factor 1,5.....	195
Figure 28 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to- clear factor 1,3.....	195
Figure 29 – Graphical representation of an example of the three valid symmetrical breaking operations for $k_{pp} = 1,5$	197
Figure 30 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$	198
Figure 31 – Graphical representation of an example of the three valid asymmetrical breaking operations for $k_{pp} = 1,5$	199
Figure 32 – Graphical representation of an example of the three valid asymmetrical breaking operations for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$	200
Figure 33 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions for $k_{pp} = 1,5$	201
Figure 34 – Graphical representation of an example of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$	202
Figure 35 – Graphical representation of an example of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions for $k_{pp} = 1,5$	203
Figure 36 – Graphical representation of an example of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase for $k_{pp} = 1,2$ and $1,3$	204
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	206
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	206
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	207

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	208
Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test	209
Figure 44 – Determination of power frequency recovery voltage	210
Figure 45 – Necessity of additional single-phase tests and requirements for testing	211
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	212
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	213
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.....	214
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	215
Figure 50 – Compensation of deficiency of the source side time delay by an increase of the excursion of the line side voltage	216
Figure 51 – Test circuit for single-phase out-of-phase tests	217
Figure 52 – Test circuit for out-of-phase tests using two voltages separated by 120 electrical degrees	217
Figure 53 – Test circuit for out-of-phase tests with one terminal of the circuit-breaker earthed (subject to agreement of the manufacturer).....	218
Figure 54 – Recovery voltage for capacitive current breaking tests	218
Figure 55 – Reclassification procedure for line and cable-charging current switching tests	219
Figure 56 – Reclassification procedure for capacitor bank current switching tests.....	220
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	205
Figure 59 – Example of wind velocity measurement	189
Figure 60 – Graphical representation of the time parameters for the demonstration of arcing times in three-phase tests of test-duty T100a	196
Figure A.1 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay.....	229
Figure A.2 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay, source side with ITRV	229
Figure A.3 – Actual course of the source side transient recovery voltage for short-line fault L ₉₀ , L ₇₅ and L ₆₀	230
Figure E.1 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 1)	248
Figure E.2 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 2)	248
Figure E.3 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) i)	249
Figure E.4 – Representation by two parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) ii)	249
Figure F.1 – Effect of depression on the peak value of the TRV	259
Figure F.2 – TRV in case of ideal breaking	259
Figure F.3 – Breaking with arc-voltage present	260

Figure F.4 – Breaking with pronounced premature current-zero	260
Figure F.5 – Breaking with post-arc current.....	260
Figure F.6 – Relationship between the values of current and TRV occurring in test and those prospective to the system.....	261
Figure F.7 – Schematic diagram of power-frequency current injection apparatus	262
Figure F.8 – Sequence of operation of power-frequency current injection apparatus	263
Figure F.9 – Schematic diagram of capacitance injection apparatus	264
Figure F.10 – Sequence of operation of capacitor-injection apparatus	265
Figure M.1 – First example of transformer-limited fault (also called transformer-fed fault).....	267
Figure M.2 – Second example of transformer-limited fault (also called transformer-secondary fault).....	268
Figure O.1 – Test configuration considered in Tables O.1, O.2 and O.3	277
Figure R.1 – Typical system configuration for interruption by a circuit-breaker with opening resistors	281
Figure R.2 – Test circuit for test duties T60 and T100	283
Figure R.3 – Test circuit for test duties T10, T30 and OP2.....	283
Figure R.4 – Example of an underdamped TRV for T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	286
Figure R.5 – Example of an overdamped TRV for T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	287
Figure R.6 – Example of a test circuit for short-line fault test duty L_{g0}	288
Figure R.7 – Example of real line simulation for short-line fault test-duty L_{g0} based on $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$ and $f_r = 50\ \text{Hz}$	289
Figure R.8 – Typical recovery voltage waveshape of capacitive current switching on a circuit-breaker equipped with opening resistors	291
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	292
Figure R.10 – TRV waveshapes for high short-circuit current breaking operation	295
Figure R.11 – Currents in case of high short-circuit current breaking operation.....	295
Figure R.12 – TRV shapes for low short-circuit current breaking operation	296
Figure R.13 – Currents in case of low short-circuit current breaking operation	296
Figure R.14 – Voltage waveshapes for line-charging current breaking operation.....	297
Figure R.15 – Current waveshapes for line-charging current breaking operation.....	297
Table 6 – Standard multipliers for TRV values for second and third clearing poles for rated voltages above 1 kV.....	118
Table 7 – Standard values of ITRV – Rated voltages 100 kV and above	117
Table 8 – Values of line characteristics for short-line faults.....	128
Table 9 – Preferred values of rated capacitive switching currents	45
Table 10 – Nameplate information	50
Table 11 – Type tests	55
Table 12 – Invalid tests.....	57
Table 13 – Number of operating sequences	67
Table 14 – Examples of static horizontal and vertical forces for static terminal load test	54

Table 23 – Interrupting window for tests with symmetrical current.....	95
Table 24 – Values of prospective TRV for class S1 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,5$	106
Table 25 – Values of prospective TRV for class S2 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,5$	110
Table 26 – Values of prospective TRV for circuit-breakers rated for $k_{pp} = 1,2$ or $1,3$ – Rated voltages of 100 kV and above.....	113
Table 27 – Values of prospective TRV for circuit-breakers rated for $k_{pp} = 1,5$ – Rated voltages of 100 kV to 170 kV	115
Table 28 – TRV parameters for single-phase and double earth fault tests	126
Table 29 – Test-duties to demonstrate the out-of-phase rating.....	134
Table 30 – Common requirements for test-duties	139
Table 32 – Specified values of u_1 , t_1 , u_C and t_2	145
Table 33 – Operating sequence for electrical endurance test on class E2 circuit- breakers intended for auto-reclosing duty according to 6.112.2.....	147
Table 34 – Application of voltage for dielectric test on the main circuit.....	148
Table 35 – Relationship between short-circuit power factor, time constant and power frequency.....	156
Table 36 – Rated insulation levels for rated voltages of 1 100 kV and 1 200 kV	39
Table 37 – Peak factors for the rated short-circuit making current.....	42
Table 38 – Test requirements for voltage tests as condition check for GIS and dead tank circuit-breakers	61
Table 39 – Last current loop parameters in three-phase tests and in single-phase tests in substitution for three-phase conditions in relation with short-circuit test-duty T100a – Tests for 50 Hz operation.....	89
Table 40 – Last current loop parameters in three-phase tests and in single-phase tests in substitution for three-phase conditions in relation with short-circuit test-duty T100a – Tests for 60 Hz operation.....	90
Table 41 – TRV parameters for single-phase tests in substitution for three-phase tests to demonstrate the interruption of the second-pole-to-clear for $k_{pp} = 1,3$	91
Table 42 – TRV parameters for single-phase tests in substitution for three-phase tests to demonstrate the interruption of the third-pole-to-clear for $k_{pp} = 1,3$	91
Table 43 – Values of prospective TRV for class S1 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,3$	108
Table 44 – Values of prospective TRV for class S2 circuit-breakers for $k_{pp} = 1,3$	111
Table 45 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S1 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,5$	104
Table 46 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S2 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,5$	104
Table 47 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S1 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,0$	105
Table 48 – Values of prospective TRV for out-of-phase tests on class S2 circuit- breakers for $k_{pp} = 2,0$	105
Table 49 – Values of prospective TRV for the supply circuit of short-line fault tests	131
Table 50 – Test voltage for partial discharge test.....	149
Table A.1 – Ratios of voltage-drop and source-side TRV	223
Table F.1 – Methods for determination of prospective TRV	257
Table B.1 – Tolerances on test quantities for type tests	232
Table M.1 – Required values of prospective TRV 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 for non-effectively earthed neutral systems	270

Table M.3 – Required values of prospective TRV 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 for effectively earthed neutral systems..... 271

Table M.2 – Required values of prospective TRV for circuit-breakers with rated voltages higher than 800 kV intended to be connected to a transformer with a connection of low capacitance 272

Table O.1 – Three-phase capacitive current switching in service conditions: voltages on the source-side, load-side, and recovery voltages 277

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 278

Table O.3 – Capacitive current switching in actual service conditions: maximum typical voltage values..... 280

Table R.2 – Results of the TRV calculation for test-duty L_{g0}..... 289

Table R.1 – Results of the TRV calculation for terminal faults and out-of-phase..... 285

Table R.3 – Results of the TRV calculations for test-duty T₁₀..... 292

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 62271-100 bears the edition number 2.2. It consists of the second edition (2008-04) [documents 17A/815/FDIS and 17A/822/RVD], its amendment 1 (2012-09) [documents 17A/1009/FDIS and 17A/1019/RVD] and its amendment 2 (2017-06) [documents 17A/1135/FDIS and 17A/1139/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

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.

The contents of the corrigendum of Amendment 1 (2012-12) have been included in this copy.

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.

INTRODUCTION to the Amendment 2

This amendment includes the following significant technical changes:

the rated TRV has been replaced by a rated first-pole-to-clear factor;

- the rated time quantities have been moved to Clause 5 (Design and construction) and are no longer ratings. The determination of the break time has been moved to IEC 62271-306;
- the number of test specimens has been removed;
- new test procedure for test-duty T100a;
- TRVs for circuit-breakers having a rated voltage of 52 kV and below used in effectively earthed neutral systems have been added;
- 6.111 (capacitive current switching) has been rewritten;
- a number of informative annexes have been moved to IEC TR 62271-306.

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.

This standard only covers direct testing.

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 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 tripping devices 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 60137:2008, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

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

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

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	312
INTRODUCTION à l'Amendement 2	314
1 Généralités	315
1.1 Domaine d'application	315
1.2 Références normatives	316
2 Conditions normales et spéciales de service	317
3 Termes et définitions	317
3.1 Termes généraux	317
3.2 Ensembles	321
3.3 Parties d'ensembles	321
3.4 Appareils de connexion	321
3.5 Partie de disjoncteur	323
3.6 Fonctionnement	325
3.7 Grandeurs caractéristiques	328
3.8 Index des définitions	334
4 Caractéristiques assignées	338
4.1 Tension assignée (U_r)	339
4.2 Niveau d'isolement assigné	339
4.3 Fréquence assignée (f_r)	341
4.4 Courant assigné en service continu (I_r) et échauffement	341
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	342
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	342
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	342
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	342
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	342
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	342
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre	342
4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{sc})	342
4.102 Facteur assigné de premier pôle qui coupe	344
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	344
4.104 Séquence de manœuvres assignée	344
4.105 Pouvoir de coupure de défaut proche en ligne	345
4.106 Pouvoir de fermeture et pouvoir de coupure assignés en discordance de phases	345
4.107 Pouvoir de coupure et pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs	346
4.108 Manœuvre de charges inductives	349
4.109 Vide	349
4.110 Nombre de manœuvres mécaniques	349
4.111 Classification des disjoncteurs en fonction de leur endurance électrique	349
5 Conception et construction	350
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs	350
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs	350
5.3 Raccordement à la terre des disjoncteurs	350

5.4	Equipements auxiliaires	350
5.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	351
5.6	Fermeture à accumulation d'énergie	351
5.7	Manœuvre manuelle indépendante ou à source d'énergie extérieure	351
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	351
5.9	Verrouillages à basse et à haute pression	352
5.10	Plaques signalétiques	353
5.11	Verrouillages	355
5.12	Indicateur de position	355
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes	355
5.14	Lignes de fuite	355
5.15	Étanchéité au gaz et au vide	355
5.16	Étanchéité au liquide	355
5.17	Risque de feu (inflammabilité)	356
5.18	Compatibilité électromagnétique	356
5.19	Emission de rayons X	356
5.20	Corrosion	356
5.101	Exigences concernant la simultanéité des pôles pendant des manœuvres simples de fermeture et d'ouverture	356
5.102	Exigence générale de fonctionnement	356
5.103	Limites de pression des fluides pour la manœuvre	357
5.104	Orifice d'évacuation	357
5.105	Durées	357
5.106	Charges mécaniques statiques	358
6	Essais de type	359
6.1	Généralités	359
6.2	Essais diélectriques	362
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	366
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	366
6.5	Essais d'échauffement	366
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	367
6.7	Vérification du degré de protection	368
6.8	Essais d'étanchéité	368
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique	368
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	368
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	369
6.101	Essais mécaniques et climatiques	369
6.102	Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure	380
6.103	Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court- circuit	402
6.104	Caractéristiques pour les essais de court-circuit	404
6.105	Procédure d'essai en court-circuit	428
6.106	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales	430
6.107	Essais au courant critique	435
6.108	Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre	435
6.109	Essais de défaut proche en ligne	437
6.110	Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases	443
6.111	Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs	445

6.112	Exigences spéciales pour les essais de coupure et de fermeture des disjoncteurs de classe E2	459
7	Essais individuels	460
7.1	Essais diélectriques du circuit principal.....	460
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande.....	462
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal.....	462
7.4	Essai d'étanchéité	462
7.5	Contrôles visuels et du modèle	462
7.101	Essais de fonctionnement mécanique	463
8	Lignes directrices pour le choix des disjoncteurs selon le service	465
8.101	Généralités	465
8.102	Choix des valeurs assignées pour les conditions de service	466
8.103	Choix des valeurs assignées pour les conditions de fonctionnement sur défaut	469
8.104	Choix de l'endurance électrique pour les réseaux de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus.....	474
8.105	Choix de la manœuvre de courant capacitif	474
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	474
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	474
9.102	Renseignements à donner avec les soumissions	476
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance.....	478
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	478
10.2	Installation	478
10.3	Fonctionnement.....	484
10.4	Maintenance	484
11	Sécurité.....	485
12	Influence du produit sur l'environnement	485
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.....	536
A.2	Tension transitoire côté ligne	538
A.3	Tension transitoire côté alimentation	539
A.4	Exemples de calculs	541
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	556
C.2	Renseignements à fournir dans les comptes rendus	556
Annexe D (normative) Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit.....		
D.1	Méthode I – Détermination d'après la composante apériodique.....	560
D.2	Méthode II – Détermination avec un générateur pilote	560
Annexe E (normative) Méthode de détermination de la TTR présumée		
E.1	Généralités	562
E.2	Tracé de l'enveloppe	563
E.3	Détermination des paramètres	564
Annexe F (normative) Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée		
F.1	Généralités	567

F.2	Résumé général des méthodes recommandées	568
F.3	Étude détaillée des méthodes recommandées	569
F.4	Comparaison des méthodes	574
Annexe G (normative) Raison d'être de l'introduction de disjoncteurs de classe E2		585
Annexe M (informative) Exigences pour la coupure de défauts limités par un transformateur pour des disjoncteurs de tensions assignées supérieures à 1 kV		586
M.1	Généralités	586
M.2	Disjoncteurs de tension assignée inférieure à 100 kV	587
M.3	Disjoncteurs de tension assignée de 100 kV à 800 kV	590
M.4	Disjoncteurs de tension assignée supérieure à 800 kV	590
Annexe N (normative) Utilisation des caractéristiques mécaniques et exigences associées		592
Annexe O (normative) Exigences pour les procédures d'essai en court-circuit et de manœuvres pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre		594
O.1	Généralités	594
O.2	Nombre réduit d'éléments destinés aux essais.....	594
O.3	Essais d'un pôle unique dans une seule enveloppe	595
O.4	Essais de trois pôles dans une seule enveloppe	598
Annexe R (normative) Exigences pour les disjoncteurs avec résistances d'ouverture.....		600
R.1	Généralités	600
R.2	Performance d'établissement et de coupure à vérifier	600
R.3	Durée d'insertion de la résistance.....	613
R.4	Capacité de tenue au courant.....	613
R.5	Performance diélectrique	613
R.6	Performance mécanique	613
R.7	Exigences pour la spécification des résistances d'ouverture	614
R.8	Exemples de formes d'onde de tension de rétablissement	614
Annexe S (normative) Vérification de l'établissement et de la coupure de courants capacitifs en présence de défauts monophasés ou biphasés à la terre		618
S.1	Généralités	618
S.2	Tension d'essai.....	618
S.3	Courant d'essai.....	619
S.4	Séquence d'essais.....	619
Bibliographie.....		620
Figure 1 – Oscillogramme type d'un cycle d'établissement-coupure en court-circuit triphasé		486
Figure 2 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Manœuvres d'ouverture et de fermeture		488
Figure 3 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture		489
Figure 4 – Disjoncteur sans résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique).....		490
Figure 5 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Manœuvres d'ouverture et de fermeture		491
Figure 6 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture		492
Figure 7 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique).....		493
Figure 8 – Détermination des courants de court-circuit établi et coupé et du pourcentage de la composante aperiodique		494

Figure 9 – Pourcentage de la composante apériodique en fonction de l'intervalle de temps à partir du début du courant de court-circuit pour les différentes constantes de temps	495
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, T60, de défaut proche en ligne et en discordance de phases	496
Figure 11 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard	496
Figure 12 - Circuit de TTRI et représentation de la TTRI en relation avec la TTR.....	497
Figure 13 – Représentation d'un court-circuit triphasé	498
Figure 14 – Représentation de variante à la Figure 13.....	499
Figure 15 – Circuit de base de défaut proche en ligne	500
Figure 16 – Exemples de tensions transitoires côté ligne	501
Figure 17 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute température.....	502
Figure 18 – Essai à l'humidité.....	503
Figure 23a – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée).....	505
Figure 23b – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe exigée centrée autour de la courbe de référence (+5 %, -5 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	505
Figure 23c – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe exigée déplacée totalement vers le haut par rapport à la courbe de référence (+10 %, -0 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	506
Figure 23d – Caractéristique mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe exigée déplacée totalement vers le haut par rapport à la courbe de référence (+0 %, -10 %), dans cet exemple la séparation des contacts a lieu à $t = 20$ ms	506
Figure 24 – Montage d'essai équivalent pour les essais sur éléments séparés d'un disjoncteur ayant plus d'un élément de coupure.....	507
Figure 25 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.....	508
Figure 26 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.....	509
Figure 27 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5.....	510
Figure 28 – Mise à la terre des circuits d'essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3.....	510
Figure 29 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants symétriques pour $k_{pp} = 1,5$	512
Figure 30 – Représentation graphique des trois coupures valables de courants symétriques pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	513
Figure 31 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants asymétriques pour $k_{pp} = 1,5$	514
Figure 32 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants asymétriques pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	515
Figure 33 – Représentation graphique des trois coupures valables de courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour $k_{pp} = 1,5$	516
Figure 34 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants symétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	517

Figure 35 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour $k_{pp} = 1,5$	518
Figure 36 – Représentation graphique d'un exemple des trois coupures valables de courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$	519
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.....	521
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 premier pôle égal à $1,5$	521
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.....	522
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.....	523
Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties.....	524
Figure 44 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.....	525
Figure 45 – Nécessité d'essais additionnels monophasés et exigences d'essais.....	526
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.....	527
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.....	528
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.....	529
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.....	530
Figure 50 – Compensation d'un défaut du temps de retard côté alimentation par une augmentation de l'amplitude de la tension côté ligne.....	531
Figure 51 – Circuit d'essais pour les essais monophasés en discordance de phases.....	532
Figure 52 – Circuit d'essais avec deux tensions décalées de 120 degrés électriques pour les essais en discordance de phases.....	532
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).....	533
Figure 54 – Tension de rétablissement pour les essais de coupure de courants capacitifs.....	533
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.....	534
Figure 56 – Procédure de re-classification pour les essais d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs.....	535
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 $1,2$	520
Figure 59 – Exemple de mesurage de la vitesse du vent.....	504
Figure 60 – Représentation graphique des paramètres de temps pour la démonstration des durées d'arc durant les essais en triphasé de la séquence d'essais T100a.....	511

Figure A.1 – Graphique typique des paramètres de TTR côté ligne et côté alimentation – Côté ligne et côté alimentation avec un temps de retard	544
Figure A.2 – Graphique typique des paramètres de TTR côté ligne et côté alimentation – Côté ligne et côté alimentation avec un temps de retard, côté alimentation avec TTRI	544
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}	545
Figure E.1 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 1)	565
Figure E.2 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2 c) 2)	565
Figure E.3 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 3) i)	566
Figure E.4 – Représentation par deux paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas de E.2. c) 3) ii)	566
Figure F.1 – Influence de la réduction de la tension sur la valeur de crête de la TTR	578
Figure F.2 – TTR pour une coupure idéale	578
Figure F.3 – Coupure avec présence d'une tension d'arc	579
Figure F.4 – Coupure avec arrachement prononcé du courant	579
Figure F.5 – Coupure avec courant post-arc	579
Figure F.6 – Relation entre les valeurs du courant et de la TTR apparaissant lors de l'essai, et les valeurs présumées du réseau	580
Figure F.7 – Schéma de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle	581
Figure F.8 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle	582
Figure F.9 – Schéma de l'appareillage d'injection par condensateur	583
Figure F.10 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection par condensateur	584
Figure M.1 – Premier exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut alimenté par un transformateur)	586
Figure M.2 – Deuxième exemple de défaut limité par un transformateur (aussi appelé défaut au secondaire d'un transformateur)	587
Figure O.1 – Configuration d'essai prise en compte dans les Tableaux O.1, O.2 et O.3	596
Figure R.1 – Configuration de système type pour coupure par un disjoncteur avec résistances d'ouverture	600
Figure R.2 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T60 et T100	602
Figure R.3 – Circuit d'essai pour les séquences d'essais T10, T30 et OP2	602
Figure R.4 – Exemple de TTR sous-amortie pour T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	605
Figure R.5 – Exemple de TTR sur-amortie pour T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$, $f_r =$ $50\ \text{Hz}$	606
Figure R.6 – Exemple de circuit d'essai pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L_{90}	607
Figure R.7 – Exemple de simulation par lignes réelles pour la séquence d'essais de défaut proche en ligne L_{90} fondée sur $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{SC} = 50\ \text{kA}$ et $f_r = 50\ \text{Hz}$	608
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	610
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	611

Figure R.10 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit.....	614
Figure R.11 – Courants en cas de manœuvre de coupure de fort courant de court-circuit.....	615
Figure R.12 – Formes d'onde de TTR pour manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit.....	615
Figure R.13 – Courants en cas de manœuvre de coupure de faible courant de court-circuit.....	616
Figure R.14 – Formes d'ondes de tension pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide	616
Figure R.15 – Formes d'ondes de courant pour manœuvre de coupure de courant de lignes à vide	617
Tableau 6 – Valeurs normales des multiplicateurs pour la TTR pour les deuxièmes et troisièmes pôles qui coupent à des tensions assignées supérieures à 1 kV	428
Tableau 7 – Valeurs normales de la TTRI – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	427
Tableau 8 – Valeurs des caractéristiques de ligne pour les défauts proches en ligne	439
Tableau 9 – Valeurs préférentielles de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs	348
Tableau 10 – Indications de la plaque signalétique	354
Tableau 11 – Essais de type	360
Tableau 12 – Essais non valables	362
Tableau 13 – Nombre de séquences de manœuvres	373
Tableau 14 – Exemples d'efforts statiques horizontaux et verticaux pour l'essai avec efforts statiques sur les bornes	359
Tableau 23 – Fenêtre de coupure pour les essais avec courant symétrique	402
Tableau 24 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 1,5$	415
Tableau 25 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 1,5$	419
Tableau 26 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs ayant une valeur assignée $k_{pp} = 1,2$ ou $1,3$ – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV	422
Tableau 27 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs ayant une valeur assignée $k_{pp} = 1,5$ – Tensions assignées comprises entre 100 kV et 170 kV	425
Tableau 28 – Paramètres de TTR pour les essais de défaut monophasé et de double défaut à la terre	436
Tableau 29 – Séquences d'essais à effectuer pour vérifier les caractéristiques assignées en discordance de phases.....	445
Tableau 30 – Exigences communes pour les séquences d'essais	450
Tableau 32 – Valeurs spécifiées de u_1 , t_1 , u_c et t_2	457
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	460
Tableau 34 – Application de la tension lors des essais diélectriques du circuit principal	461
Tableau 35 – Relation entre le facteur de puissance en court-circuit, la constante de temps et la fréquence industrielle	469
Tableau 36 – Niveaux d'isolement assignés pour les tensions assignées 1 100 kV et 1 200 kV	341

Tableau 37 – Facteurs de crête pour le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	344
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	366
Tableau 39 – Paramètres de la dernière alternance de courant dans des essais en triphasé et en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour la séquence d'essais de court-circuit T100a – Essais pour une manœuvre à 50 Hz	396
Tableau 40 – Paramètres de la dernière alternance de courant dans des essais en triphasé et en monophasé effectués en remplacement des conditions en triphasé pour la séquence d'essais de court-circuit T100a – Essais pour une manœuvre à 60 Hz	397
Tableau 41 – Paramètres de la TTR pour les essais en monophasé effectués en remplacement des essais triphasés pour démontrer la coupure du deuxième pôle qui coupe pour $k_{pp} = 1,3$	398
Tableau 42 – Paramètres de la TTR pour les essais en monophasé effectués en remplacement des essais en triphasé pour démontrer la coupure du troisième pôle qui coupe pour $k_{pp} = 1,3$	398
Tableau 43 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 1,3$	417
Tableau 44 – Valeurs de la TTR présumée pour les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 1,3$	420
Tableau 45 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 2,5$	412
Tableau 46 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 2,5$	412
Tableau 47 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S1 pour $k_{pp} = 2,0$	413
Tableau 48 – Valeurs de la TTR présumée pour les essais en discordance de phases sur les disjoncteurs de classe S2 pour $k_{pp} = 2,0$	413
Tableau 49 – Valeurs de la TTR présumée du circuit d'alimentation utilisé lors des essais de défaut proche en ligne	442
Tableau 50 – Tension d'essai pour l'essai de décharges partielles	462
Tableau A.1 – Rapport des chutes de tension et de TTR côté alimentation	538
Tableau B.1 – Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type	547
Tableau F.1 – Méthodes pour la détermination de la TTR présumée	575
Tableau M.1 – Valeurs exigées de la TTR présumée pour T30, dans le cas de disjoncteurs destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité – Tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 100 kV pour des réseaux à neutre non effectivement à la terre	589
Tableau M.3 – Valeurs exigées de la TTR présumée pour T30, dans le cas de disjoncteurs destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité – Tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 100 kV pour des réseaux à neutre effectivement à la terre	590
Tableau M.2 – Valeurs exigées de la TTR présumée pour des disjoncteurs ayant des tensions assignées supérieures à 800 kV et destinés à être connectés à un transformateur avec une liaison de faible capacité	591
Tableau O.1 – Établissement et coupure de courants capacitifs triphasés dans des conditions de service: tensions côté alimentation et côté charge et tensions de rétablissement	596
Tableau O.2 – Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs correspondants, conformément à 6.111.7 pour les essais en monophasé en laboratoire. Valeurs des tensions côté alimentation et côté charge, et tensions de rétablissement	597

Tableau O.3 – Établissement et coupure de courants capacitifs dans des conditions réelles de service: valeurs de tension typiques maximales.....	599
Tableau R.1 – Résultats du calcul de TTR pour les défauts aux bornes et discordance de phases.....	604
Tableau R.2 – Résultats du calcul de TTR pour la séquence d'essais L ₉₀	608
Tableau R.3 – Résultats des calculs de TTR pour la séquence d'essais T10.....	611

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –**Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif****AVANT-PROPOS**

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC62271-100 porte le numéro d'édition 2.2. Elle comprend la deuxième édition (2008-04) [documents 17A/815/FDIS et 17A/822/RVD], son amendement 1 (2012-09) [documents 17A/1009/FDIS et 17A/1019/RVD] et son amendement 2 (2017-06) [documents 17A/1135/FDIS et 17A/1139/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

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

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

- introduction des formes d'onde de TTR harmonisées (IEC 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 IEC 61633 et IEC 62271-308.

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

Cette norme doit être lue conjointement avec l'IEC 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 l'IEC 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 l'IEC 62271-1, sont numérotés à partir de 101.

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

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

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

Le contenu du corrigendum à l'amendement 1 (2012-12) a été pris en considération dans cet exemplaire.

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.

INTRODUCTION à l'Amendement 2

Cet amendement inclut les modifications techniques majeures suivantes:

- la TTR assignée a été remplacée par un facteur assigné de premier pôle qui coupe;
- les durées assignées ont été déplacées à l'Article 5 (Conception et construction) et ne sont plus des caractéristiques assignées. La détermination de la durée de coupure a été déplacée vers l'IEC 62271-306;
- le nombre de spécimens d'essai a été supprimé;
- nouvelle procédure d'essai pour la séquence d'essais T100a;
- les TTR pour les disjoncteurs de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV utilisés dans des réseaux à neutre effectivement à la terre ont été ajoutées;
- le 6.111 (établissement et coupure de courants capacitifs) a été reformulé;
- plusieurs annexes informatives ont été déplacées vers l'IEC TR 62271-306.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 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.

La présente norme couvre uniquement les essais directs.

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 l'IEC 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 l'IEC 62271-110.

La présente norme ne traite pas des disjoncteurs à déclenchement autonome ayant des dispositifs de déclenchement 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 l'IEC 62271-109 [2] et l'IEC 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).

IEC 60050(151):2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

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

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

IEC 60059, *Caractéristiques des courants normaux de l'IEC*

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

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

IEC 60137:2008, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V*

IEC 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*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

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

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

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

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

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

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

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

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

