

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 2: Circuit-breakers**

**Appareillage à basse tension –
Partie 2: Disjoncteurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-9521-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	15
1 Scope.....	17
2 Normative references	18
3 Terms and definitions	19
4 Classification.....	23
4.1 According to the selectivity category, A or B (see 5.4).....	23
4.2 According to the method of controlling the operating mechanism:	23
4.3 According to the provision for maintenance:.....	23
4.4 According to the method of installation:.....	23
4.5 According to the degree of protection provided by the enclosure (see 8.1.12 of IEC 60947-1:2020).....	23
5 Characteristics of circuit-breakers.....	23
5.1 Summary of characteristics	23
5.2 Type of circuit-breaker	23
5.3 Rated and limiting values of the main circuit	23
5.3.1 General	23
5.3.2 Rated voltages	24
5.3.3 Currents	24
5.3.4 Rated frequency	24
5.3.5 Rated duty.....	24
5.3.6 Short-circuit characteristics	25
5.4 Selectivity categories	27
5.5 Control circuits.....	27
5.5.1 Electrical control circuits.....	27
5.5.2 Air-supply control circuits (pneumatic or electro-pneumatic)	28
5.6 Auxiliary circuits.....	28
5.7 Releases.....	28
5.7.1 Types	28
5.7.2 Characteristics.....	28
5.7.3 Current setting of overcurrent releases	29
5.7.4 Tripping time setting of overcurrent releases	29
5.8 Integral fuses (integrally fused circuit-breakers).....	30
6 Product information	30
6.1 Nature of the information	30
6.2 Marking.....	30
6.3 Instructions for installation, operation and maintenance	32
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	32
8 Constructional and performance requirements	32
8.1 Constructional requirements	32
8.1.1 General	32
8.1.2 Withdrawable circuit-breakers.....	33
8.1.3 Isolation.....	33
8.1.4 Clearances and creepage distances	33
8.1.5 Requirements for the safety of the operator	33
8.1.6 List of construction breaks	33
8.1.7 Additional requirements for circuit-breakers provided with a neutral pole	34

8.1.8	Digital inputs and outputs for use with programmable logic controllers (PLCs).....	34
8.2	Performance requirements.....	34
8.2.1	Operating conditions.....	34
8.2.2	Temperature-rise.....	37
8.2.3	Dielectric properties.....	38
8.2.4	Ability to make and break under no load, normal load and overload conditions.....	39
8.2.5	Ability to make and break under short-circuit conditions.....	40
8.2.6	Requirements for isolation.....	40
8.2.7	Specific requirements for integrally fused circuit-breakers.....	40
8.2.8	Coordination between a circuit-breaker and another short-circuit protective device.....	41
8.3	Electromagnetic compatibility (EMC).....	41
9	Tests.....	41
9.1	Kind of tests.....	41
9.1.1	General.....	41
9.1.2	Type tests.....	41
9.1.3	Routine tests.....	41
9.1.4	Special tests.....	41
9.2	Compliance with constructional requirements.....	42
9.3	Type tests.....	42
9.3.1	General.....	42
9.3.2	Test sequences.....	43
9.3.3	General test conditions.....	50
9.3.4	Test sequence I: General performance characteristics.....	58
9.3.5	Test sequence II: Rated service short-circuit breaking capacity.....	68
9.3.6	Test sequence III: Rated ultimate short-circuit breaking capacity.....	69
9.3.7	Test sequence IV: Rated short-time withstand current.....	71
9.3.8	Test sequence V: Performance of integrally fused circuit-breakers.....	72
9.3.9	Test sequence VI: Combined test sequence.....	74
9.3.10	Test sequence VII: Critical DC load current.....	76
9.3.11	Test sequence VIII: Rated individual pole ultimate short-circuit breaking capacity at phase-to-neutral AC voltage.....	77
9.4	Routine tests.....	78
9.4.1	General.....	78
9.4.2	Mechanical operation tests.....	78
9.4.3	Verification of the calibration of overcurrent releases.....	79
9.4.4	Verification of the operation of undervoltage and shunt releases.....	79
9.4.5	Additional tests for CBRs.....	80
9.4.6	Dielectric tests.....	80
9.4.7	Test for the verification of clearances less than those corresponding to case A of Table 13 of IEC 60947-1:2020.....	81
9.5	Special tests – Damp heat, salt mist, vibration and shock.....	81
Annex A (normative)	Coordination between a circuit-breaker and another short-circuit protective device associated in the same circuit.....	84
A.1	General.....	84
A.2	Object.....	84
A.3	General requirements for the co-ordination of a circuit-breaker with another SCPD.....	84

A.4	Type and characteristics of the associated SCPD	84
A.5	Verification of selectivity	84
A.6	Verification of back-up protection	84
Annex B	(normative) Circuit-breakers incorporating residual current protection (CBRs)	86
B.1	General.....	86
B.1.1	Preamble	86
B.1.2	Object.....	86
B.2	Terms and definitions.....	87
B.2.1	Terms and definitions relating to currents flowing from live parts to earth.....	87
B.2.2	Terms and definitions relating to the energization of a CBR	87
B.2.3	Terms and definitions relating to the operation and the functions of a CBR	88
B.2.4	Terms and definitions relating to values and ranges of energizing quantities.....	89
B.3	Classification	90
B.3.1	Classification according to the method of operation of the residual current function	90
B.3.2	Classification according to the possibility of adjusting the residual operating current	90
B.3.3	Classification according to time delay of the residual current function	90
B.3.4	Classification according to behaviour in presence of a DC component	90
B.4	Characteristics of CBRs concerning their residual current function.....	90
B.4.1	Rated values	90
B.4.2	Preferred and limiting values	91
B.4.3	Value of the rated residual short-circuit making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	92
B.4.4	Operating characteristics in the case of an earth fault current in the presence or absence of a DC component	92
B.5	Marking.....	93
B.6	Normal service, mounting and transport conditions	95
B.7	Design and operating requirements.....	95
B.7.1	Design requirements.....	95
B.7.2	Operating requirements	95
B.7.3	Electromagnetic compatibility	99
B.8	Tests	99
B.8.1	Test sequences	99
B.8.2	Verification of the operating characteristics	102
B.8.3	Verification of dielectric properties.....	104
B.8.4	Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage	104
B.8.5	Verification of the limiting value of the non-operating current under overcurrent conditions	105
B.8.6	Verification of the resistance against unwanted tripping due to surge currents resulting from impulse voltages	105
B.8.7	Additional verifications for CBRs of types A and B	106
B.8.8	Additional verifications for CBRs of type B.....	108
B.8.9	Verification of the behaviour of CBRs functionally dependent on line voltage classified under B.3.1.2.1	113
B.8.10	Verification of the behaviour of CBRs functionally dependent on line voltage classified under B.3.1.2.2	113

B.8.11	Verification of the residual short-circuit making and breaking capacity	114
B.8.12	Verification of the effects of environmental conditions	115
B.8.13	Verification of electromagnetic compatibility	116
B.8.14	Test for variations or interruptions of voltage and for voltage dips	118
Annex C (normative)	Individual pole short-circuit test sequence	130
C.1	General	130
C.2	Test of individual pole short-circuit breaking capacity	130
C.3	Verification of dielectric withstand and leakage current	130
C.4	Verification of overload releases	130
Annex D (normative)	Additional requirements for circuit-breakers intended for connection of aluminium conductors	131
D.1	General	131
D.2	Terms and definitions	131
D.3	Classification	132
D.4	Characteristics	132
D.5	Product information	132
D.5.1	Nature of information	132
D.5.2	Marking	132
D.5.3	Instructions for installation, operation and maintenance	132
D.6	Normal service, mounting and transport conditions	132
D.7	Constructional and performance requirements	133
D.8	Tests	133
D.8.1	General	133
D.8.2	Current cycling test	134
D.8.3	Climatic test	138
D.8.4	Mechanical properties of terminals	139
D.8.5	Test for insertability of unprepared round aluminium conductors having the maximum cross-section	139
Annex E (informative)	Items subject to agreement between manufacturer and user	143
Annex F (normative)	Additional tests for circuit-breakers with electronic overcurrent protection	144
F.1	General	144
F.2	List of tests	144
F.2.1	General	144
F.2.2	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	144
F.2.3	Suitability for multiple frequencies	145
F.2.4	Dry heat test	145
F.2.5	Damp heat test	145
F.2.6	Temperature variation cycles at a specified rate of change	145
F.3	General test conditions	145
F.3.1	General	145
F.3.2	Electromagnetic compatibility tests	145
F.4	Immunity tests	146
F.4.1	Harmonic currents	146
F.4.2	Electrostatic discharges	147
F.4.3	Radiated RF electromagnetic fields	147
F.4.4	Electrical fast transient/burst (EFT/B)	148
F.4.5	Surges	148
F.4.6	Conducted disturbances induced by RF fields (common mode)	148

F.4.7	Current dips.....	149
F.5	Emission tests	149
F.5.1	Harmonics	149
F.5.2	Voltage fluctuations	149
F.5.3	Conducted RF disturbances (150 kHz to 30 MHz).....	150
F.5.4	Radiated RF disturbances (30 MHz to 6 000 MHz).....	150
F.6	Suitability for multiple frequencies.....	150
F.6.1	General	150
F.6.2	Test conditions	150
F.6.3	Test procedure	150
F.6.4	Test results.....	151
F.7	Dry heat test	151
F.7.1	Test procedure	151
F.7.2	Test results.....	151
F.7.3	Verification of overload releases	151
F.8	Damp heat test	151
F.8.1	Test procedure	151
F.8.2	Verification of overload releases	152
F.9	Temperature variation cycles at a specified rate of change	152
F.9.1	Test conditions	152
F.9.2	Test procedure	152
F.9.3	Test results.....	152
F.9.4	Verification of overload releases	152
Annex G (normative)	Power loss	167
G.1	General.....	167
G.2	Determination method	167
G.2.1	AC circuit-breakers of rated current exceeding 400 A	167
G.2.2	AC circuit-breakers of rated current not exceeding 400 A	168
G.2.3	DC circuit-breakers	168
G.3	Test conditions	168
G.4	Test method.....	169
G.4.1	General	169
G.4.2	Voltage drop measurements	169
G.4.3	Current measurement	169
Annex H (normative)	Test sequence for circuit-breakers for IT systems	172
H.1	General.....	172
H.2	Individual pole short-circuit	172
H.3	Verification of dielectric withstand and leakage current	173
H.4	Verification of overload releases	173
H.5	Marking.....	173
Annex I	Vacant	174
Annex J (normative)	Electromagnetic compatibility (EMC) – Requirements and test methods for circuit-breakers.....	175
J.1	General.....	175
J.2	Immunity	176
J.2.1	General	176
J.2.2	Electrostatic discharges.....	178
J.2.3	Radiated RF electromagnetic fields	179
J.2.4	Electrical fast transients/bursts (EFT/B).....	179

J.2.5	Surges.....	179
J.2.6	Conducted disturbances induced by RF fields (common mode).....	180
J.3	Emission.....	180
J.3.1	General.....	180
J.3.2	Conducted RF disturbances (150 kHz to 30 MHz).....	181
J.3.3	Radiated RF disturbances (30 MHz to 6 000 MHz).....	181
Annex K	(informative) Glossary of symbols and graphical representation of characteristics.....	187
Annex L	(normative) Circuit-breakers not fulfilling the requirements for overcurrent protection (CBIs).....	196
L.1	General.....	196
L.2	Terms and definitions.....	196
L.3	Classification.....	196
L.4	Characteristics.....	197
L.4.1	Rated current (I_n).....	197
L.4.2	Rated conditional short-circuit current (I_{CC}).....	197
L.4.3	Other characteristics.....	197
L.5	Product information.....	197
L.6	Constructional and performance requirements.....	198
L.7	Tests.....	198
L.7.1	General.....	198
L.7.2	Rated conditional short-circuit current tests.....	200
L.7.3	Routine tests.....	202
Annex M	(normative) Modular residual current devices (without integral current breaking device).....	203
M.1	General.....	203
M.1.1	Preamble.....	203
M.1.2	Object.....	203
M.2	Terms and definitions.....	203
M.2.1	Terms and definitions relating to the energization of an MRCD.....	203
M.2.2	Terms and definitions relating to the operation and the functions of an MRCD.....	204
M.3	Classification.....	204
M.3.1	Classification according to the configuration of the primary conductors.....	204
M.3.2	Classification according to the method of operation.....	204
M.3.3	Classification according to the possibility of adjusting the residual operating current.....	205
M.3.4	Classification according to time delay of the residual current function.....	205
M.3.5	Classification according to behaviour in presence of a DC component.....	205
M.4	Characteristics of MRCDs.....	205
M.4.1	General characteristics.....	205
M.4.2	Characteristics of MRCDs concerning their residual current function.....	206
M.4.3	Behaviour under short-circuit conditions.....	206
M.4.4	Preferred and limiting values.....	207
M.5	Product information.....	207
M.6	Normal service, mounting and transport conditions.....	209
M.7	Design and operating requirements.....	209
M.7.1	Design requirements.....	209
M.7.2	Operating requirements.....	209

M.8	Tests	212
M.8.1	General	212
M.8.2	Compliance with constructional requirements	213
M.8.3	Verification of the operating characteristics	213
M.8.4	Verification of dielectric properties	215
M.8.5	Verification of the operation of the test device at the limits of the rated voltage	216
M.8.6	Verification of the limiting value of non-operating current under overcurrent conditions, in the case of a single phase load	216
M.8.7	Verification of the resistance against unwanted tripping due to surge currents resulting from impulse voltages	216
M.8.8	Verification of the behaviour in the case of an earth fault current comprising a DC component	217
M.8.9	Verification of the behaviour of MRCDs with separate sensing means in the case of a failure of the sensing means connection	221
M.8.10	Verification of temperature-rise of terminal type MRCDs	221
M.8.11	Verification of mechanical and electrical endurance	222
M.8.12	Verification of the behaviour of MRCDs classified under M.3.2.2.1 in the case of failure of the voltage source	222
M.8.13	Verification of the behaviour of MRCDs classified under M.3.2.2.2 in the case of failure of the voltage source	223
M.8.14	Verification of the behaviour of MRCDs under short-circuit conditions.....	223
M.8.15	Verification of the effects of environmental conditions.....	225
M.8.16	Verification of electromagnetic compatibility	226
Annex N (normative)	Electromagnetic compatibility (EMC) – Additional requirements and test methods for devices not covered by Annex B, Annex F and Annex M	250
N.1	General.....	250
N.1.1	Overview	250
N.1.2	General test conditions	250
N.2	Immunity	250
N.2.1	General	250
N.2.2	Electrostatic discharges.....	251
N.2.3	Radiated RF electromagnetic fields	251
N.2.4	Electrical fast transients/bursts (EFT/B).....	251
N.2.5	Surges.....	252
N.2.6	Conducted disturbances induced by RF fields (common mode).....	252
N.2.7	Voltage dips and interruptions	252
N.3	Emission.....	252
N.3.1	General	252
N.3.2	Conducted RF disturbances (150 kHz to 30 MHz).....	253
N.3.3	Radiated RF disturbances (30 MHz to 6 000 MHz).....	253
Annex O (normative)	Instantaneous trip circuit-breakers (ICBs)	254
O.1	General.....	254
O.2	Terms and definitions.....	254
O.3	Rated values.....	254
O.3.1	General	254
O.3.2	Rated current (I_n)	254
O.3.3	Rated short-circuit making capacity	254
O.3.4	Rated short-circuit breaking capacities	255
O.4	Product information.....	255

O.5	Constructional and performance requirements	255
O.6	Tests	256
O.6.1	Test sequence of the ICB alone	256
O.6.2	ICB associated with a specified protected device (i.e. motor-starter or overload relay).....	256
Annex P	(normative) DC circuit-breakers for use in photovoltaic (PV) applications.....	257
P.1	Field of application.....	257
P.2	Terms and definitions.....	257
P.3	Classification	257
P.4	Characteristics of PV circuit-breakers	257
P.5	Product information.....	258
P.6	Normal service, mounting and transport conditions	258
P.7	Constructional and performance requirements	258
P.7.1	Constructional requirements	258
P.7.2	Performance requirements.....	258
P.7.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	259
P.8	Tests	259
P.8.1	Kind of tests	259
P.8.2	Compliance with constructional requirements	259
P.8.3	Type tests.....	259
P.8.4	Routine tests	261
P.8.5	Special tests.....	261
Annex Q	Vacant.....	262
Annex R	(normative) Circuit-breakers incorporating residual current protection with automatic reclosing functions (CBARs)	263
R.1	General.....	263
R.1.1	Preamble	263
R.1.2	Field of application	263
R.2	Terms and definitions.....	264
R.3	Classification	265
R.3.1	According to the method of construction	265
R.3.2	According to the method of automatic reclosing	265
R.4	Characteristics.....	265
R.4.1	Rated automatic reclosing operating residual current ($I_{\Delta ar}$).....	265
R.4.2	Maximum number of consecutive reclosing operations.....	265
R.5	Marking and instructions	265
R.6	Normal service, mounting and transport conditions	266
R.7	Design and operating requirements.....	266
R.7.1	Design requirements.....	266
R.7.2	Operating requirements	267
R.8	Tests	268
R.8.1	General conditions.....	268
R.8.2	Verification of the non-reclosing after tripping under overcurrent conditions	268
R.8.3	Verification of the non-reclosing after intentional opening	268
R.8.4	Verification of the automatic reclosing function after tripping on earth fault.....	269
R.8.5	Verification of mechanical endurance	270
R.8.6	Verification of the isolation function	270

R.8.7	Verification of residual short-circuit making and breaking capacity.....	271
R.8.8	Verification of the automatic reclosing function after the test sequences of Clause B.8.....	271
R.8.9	Test items for external type automatic reclosing devices.....	272
Bibliography.....		274
Figure 1	– Test arrangement (connecting cables not shown) for short-circuit tests	82
Figure 2	– Examples of application of the test force for the verification of the effectiveness of the indication of the main contact position (first criterion, actuator being left free)	83
Figure A.1	– Cable connections for conditional short-circuit breaking capacity tests in the case of a single pole under phase-to-neutral AC voltage (C1)	85
Figure B.1	– Test circuit for the verification of the operating characteristic (see B.8.2).....	118
Figure B.2	– Test circuit for the verification of the limiting value of the non-operating current under overcurrent conditions (see B.8.5).....	119
Figure B.3	– Test circuit for the verification of the behaviour of CBRs classified under B.3.1.2.2 (see B.8.10).....	120
Figure B.4	– Current ring wave 0,5 µs/100 kHz	121
Figure B.5	– Example of a test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping	121
Figure B.6	– Surge current wave 8/20 µs	122
Figure B.7	– Test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping in the case of flashover without follow-on current	122
Figure B.8	– Test circuit for the verification of the correct operation of CBRs, in the case of residual pulsating direct currents	123
Figure B.9	– Test circuit for residual pulsating direct current superimposed by a smooth direct current	124
Figure B.10	– Test circuit for residual alternating currents superimposed by a smooth direct current	125
Figure B.11	– Test circuit for residual pulsating direct currents which can result from rectifying circuits supplied from two phases	126
Figure B.12	– Test circuit for residual pulsating direct currents which can result from rectifying circuits supplied from three phases.....	127
Figure B.13	– Test circuit for residual smooth direct current.....	128
Figure B.14	– Test circuit for composite residual currents and residual sinusoidal alternating current up to 1 000 Hz	129
Figure D.1	– General test arrangement	135
Figure D.2	– Mounting of terminals for the current cycling test	135
Figure F.1	– Representation of test current produced by back-to-back thyristors in accordance with F.4.1	153
Figure F.2	– Test circuit for immunity and emission tests in accordance with F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 and F.6.3 – Two phase poles in series	154
Figure F.3	– Test circuit for immunity and emission tests in accordance with F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 and F.6.3 – Three phase poles in series.....	154
Figure F.4	– Test circuit for immunity and emission tests in accordance with F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 and F.6.3 – Three-phase connection	155
Figure F.5	– Test current for the verification of the influence of the current dips and interruptions in accordance with F.4.7.1	155
Figure F.6	– Circuit for electrical fast transients/bursts (EFT/B) immunity test in accordance with F.4.4 – Two phase poles in series.....	156

Figure F.7 – Circuit for electrical fast transients/bursts (EFT/B) immunity test in accordance with F.4.4 – Three phase poles in series	156
Figure F.8 – Circuit for electrical fast transients/bursts (EFT/B) immunity test in accordance with F.4.4 – Three-phase connection	157
Figure F.9 – Test circuit for the verification of the influence of surges in the main circuit (line-to-earth) in accordance with F.4.5 – Two phase poles in series.....	157
Figure F.10 – Test circuit for the verification of the influence of surges in the main circuit (line-to-earth) in accordance with F.4.5 – Three phase poles in series.....	158
Figure F.11 – Test circuit for the verification of the influence of surges in the main circuit (line-to-earth) in accordance with F.4.5 – Three-phase connection	158
Figure F.12 – Test circuit for the verification of the influence of current surges in the main circuit in accordance with F.4.5 – Two phase poles in series	159
Figure F.13 – Test circuit for the verification of the influence of current surges in the main circuit in accordance with F.4.5 – Three phase poles in series	159
Figure F.14 – Test circuit for the verification of the influence of current surges in the main circuit in accordance with F.4.5 – Three-phase connection	160
Figure F.15 – Temperature variation cycles at a specified rate of change in accordance with F.9.1	160
Figure F.16 – General test set-up for immunity tests	161
Figure F.17 – Test set-up for the verification of immunity to radiated RF electromagnetic fields	162
Figure F.18 – Test set-up for the verification of immunity to electrical fast transients/bursts (EFT/B) on power lines	163
Figure F.19 – Test set-up for verification of immunity to electrical fast transients/bursts (EFT/B) on signal lines	163
Figure F.20 – General test set-up for the verification of immunity to conducted disturbances induced by RF fields (common mode)	164
Figure F.21 – Arrangement of connections for the verification of immunity to conducted disturbances induced by RF fields – Two phase poles in series configuration	164
Figure F.22 – Arrangement of connections for the verification of immunity to conducted disturbances induced by RF fields – Three phase poles in series configuration.....	165
Figure F.23 – Arrangement of connections for the verification of immunity to conducted disturbances induced by RF fields – Three-phase configuration	166
Figure G.1 – Power loss measurement circuit for AC circuit-breakers	169
Figure G.2 – Power loss measurement circuit for AC circuit-breakers with rated current not exceeding 400 A and DC circuit-breakers.....	170
Figure G.3 – Measurement points for circuit-breakers with a single pole per phase.....	170
Figure G.4 – Measurement points for circuit-breakers with multiple poles per phase	171
Figure J.1 – EUT mounted in a metallic enclosure	182
Figure J.2 – Test set up for the measurement of radiated RF emissions.....	183
Figure J.3 – Test set up for the verification of immunity to electrostatic discharges.....	184
Figure J.4 – Test set up for the verification of immunity to radiated RF electromagnetic fields.....	185
Figure J.5 – Test set up for the verification of immunity to electrical fast transients/bursts (EFT/B) on power lines	186
Figure J.6 – Test set up for the verification of immunity to electrical fast transients/bursts (EFT/B) on signal lines.....	186
Figure K.1 – Relationship between symbols and tripping characteristics	189

Figure K.2 – Template for characteristics of cut-off current versus prospective current from 1 kA to 200 kA	190
Figure K.3 – Template for characteristics of cut-off current versus prospective current from 0,01 kA to 200 kA	191
Figure K.4 – Template for characteristics of let-through energy versus prospective current from 1 kA to 200 kA	192
Figure K.5 – Template for characteristics of let-through energy versus prospective current from 0,01 kA to 200 kA.....	193
Figure K.6 – Example of the use of template to Figure K.2.....	194
Figure K.7 – Example of the use of template to Figure K.4.....	195
Figure M.1 – Test circuits for the verification of operation in the case of a steady increase of residual current.....	227
Figure M.2 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual current (with current breaking device).....	228
Figure M.3 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual current (without current breaking device).....	229
Figure M.4 – Test circuits for the verification of the limiting value of non-operating current under overcurrent conditions.....	230
Figure M.5 – Test circuits for the verification of the resistance to unwanted tripping in the case of loading of the network capacitance	231
Figure M.6 – Test circuit for the verification of the resistance to unwanted tripping in the case of flashover without follow-on current.....	232
Figure M.7 – Test circuits for the verification of operation in the case of a continuous rise of a residual pulsating direct current	233
Figure M.8 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual pulsating direct current (without current-breaking device).....	234
Figure M.9 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual pulsating direct current (with current-breaking device).....	235
Figure M.10 – Test circuits for the verification of operation in the case of a residual pulsating direct current superimposed by a smooth direct current	236
Figure M.11 – Test circuits for the verification of operation in the case of a slowly rising residual smooth direct current.....	237
Figure M.12 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual smooth direct current (without current-breaking device).....	238
Figure M.13 – Test circuits for the verification of operation in the case of a sudden appearance of residual smooth direct current (with current-breaking device)	239
Figure M.14 – Test circuits for the verification of the correct operation in the case of residual direct currents which can result from rectifying circuits supplied from three phases.....	240
Figure M.15 – Test circuits for the verification of the correct operation in the case of residual direct currents which can result from rectifying circuits supplied from two phases.....	241
Figure M.16 – Test circuits for the verification of correct operation in the case of composite residual currents and residual sinusoidal alternating current up to 1 000 Hz.....	242
Figure M.17 – Test circuits for the verification of the correct operation in the case of a residual alternating current superimposed on a smooth direct current	243
Figure M.18 – Test circuit for the verification of the behaviour of MRCDs with separate sensing means in the case of a failure of the connection of the sensing means.....	244
Figure M.19 – Test circuit for the verification of the behaviour of MRCD with separate sensing means under short-circuit conditions.....	245

Figure M.20 – Test circuit for the verification of the behaviour of MRCD with integral sensing means under short-circuit conditions	246
Figure M.21 – Test circuit for the verification of the behaviour of terminal-type MRCDs under short-circuit conditions	247
Figure M.22 – Verification of immunity to radiated RF electromagnetic fields – Test set-up for MRCDs with separate sensing means (in addition to the test of Annex B)	248
Figure M.23 – Verification of immunity to electrical fast transients/bursts (EFT/B) on the sensing means connection of an MRCD with separate sensing means (in addition to the test of Annex B)	248
Figure M.24 – Verification of immunity to conducted disturbances induced by RF fields – Test setup for MRCD with separate sensing means (in addition to the test of Annex B).....	249
Figure R.1 – Test circuit for the verification of the automatic reclosing functions	273
Table 1 – Ratio n between short-circuit making capacity and short-circuit breaking capacities and related power factor for AC circuit-breakers	26
Table 2 – Minimum values of rated short-time withstand current	27
Table 3 – Preferred values of the rated control circuit supply voltage, if different from that of the main circuit	28
Table 4 – Product information	30
Table 5 – Characteristics of the opening operation of inverse time-delay overcurrent opening releases at the reference temperature	36
Table 6 – Temperature-rise limits for terminals and accessible parts	38
Table 7 – Number of operating cycles	40
Table 8 – Type tests	41
Table 9 – Alphabetical index of tests.....	43
Table 10 – Overall schema of test sequences	44
Table 11 – Applicability of test sequences according to the relationship between I_{CS} , I_{CU} and I_{CW}	46
Table 12 – Alternative test programmes for AC circuit-breakers	47
Table 13 – Applicability of tests or test sequences to 1, 2 and 4-pole circuit-breakers according to the alternative programme 1 of 9.3.2.4.....	48
Table 14 – Applicability of tests or test sequences to 1, 2 and 3-pole circuit-breakers according to the alternative programme 2 of 9.3.2.4.....	49
Table 15 – Number of samples for test.....	52
Table 16 – Values of power factors and time constants corresponding to test currents	54
Table 17 – Tests of test sequence I	58
Table 18 – Test circuit characteristics for overload performance	66
Table 19 – Tests of test sequence II	68
Table 20 – Tests of test sequence III	70
Table 21 – Tests of test sequence IV	71
Table 22 – Tests of test sequence V	72
Table 23 – Tests of test sequence VI	75
Table 24 – Tests of test sequence VIII	77
Table B.1 – Operating characteristic in the case of sinusoidal residual current for non-time-delay type	91

Table B.2 – Operating characteristics in the case of sinusoidal residual currents, for time-delay type having a limiting non-actuating time of 0,06 s	92
Table B.3 – Product information	94
Table B.4 – Requirements for CBRs functionally dependent on line voltage	99
Table B.5 – Additional test sequences	101
Table B.6 – Tripping current range for CBRs in the case of an earth fault comprising a DC component	107
Table B.7 – Composite test current definition and starting current value	108
Table B.8 – Operating current range for composite residual current	109
Table B.9 – Operating limits for residual sinusoidal alternating currents up to 1 000 Hz	110
Table C.1 – Tests of Annex C	130
Table D.1 – List of tests for terminal connections with aluminium cables	133
Table D.2 – Conductor length for the current cycling test as per conductor cross-section	136
Table D.3 – Equalizer dimensions	136
Table D.4 – Starting test current for the current cycling test	139
Table D.5 – Example of stability factor calculation	140
Table D.6 – Test values for flexion and pull-out test for cables	140
Table D.7 – Test aluminium cables for test currents up to 800 A	141
Table D.8 – Test aluminium bars for test currents above 400 A and up to 3 150 A	142
Table E.1 – List of items subject to agreement between manufacturer and user	143
Table F.1 – Test parameters for current dips and interruptions	149
Table H.1 – Tests of Annex H	172
Table H.2 – Product information	173
Table J.1 – EMC – Immunity tests	176
Table J.2 – Reference data for immunity test specifications	178
Table J.3 – EMC – Emission tests	181
Table J.4 – Reference data for emission test specifications	181
Table K.1 – Glossary of symbols and graphical representation of characteristics	187
Table L.1 – Product information	198
Table L.2 – Rated conditional short-circuit tests when the OCPD is specified	201
Table L.3 – Rated conditional short-circuit tests when the OCPD is not specified	201
Table M.1 – Product information	208
Table M.2 – Requirements for MRCDs with voltage source	211
Table M.3 – Test sequences	212
Table O.1 – Product information	255
Table P.1 – Rated impulse withstand levels for PV circuit-breakers	257
Table P.2 – Product information	258
Table P.3 – Number of operating cycles	259
Table R.1 – Product information	266
Table R.2 – Test sequences for external type automatic re-closing devices	272

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 2: 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60947-2 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low-voltage. It is an International Standard.

This sixth edition cancels and replaces the fifth edition published in 2016 and its Amendment 1: 2019. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) suitability for isolation (see Clause 1);
- b) removal of the classification according to the interrupting medium, according to the design, according to the suitability for isolation (see Clause 4);
- c) adjustment of current settings with an external device connectable to the release (see 5.7.3);

- d) requirements for circuits with protective separation (see 8.2.3.8);
- e) additional tests for ground-fault overcurrent releases (see 9.3.4.2.5);
- f) additional tests concerning dielectric properties in tripped position (see 9.3.4.3);
- g) use of DC voltage for dielectric tests (see 9.3.4.6.2 and 9.4.6);
- h) tests of individual pole breaking capacity under phase-to-neutral AC voltage (see 9.3.11);
- i) improvement of measurement of power loss in Annex G;
- j) changes in EMC tests (see Annex J);
- k) introduction of CBI class W in Annex L.

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

Draft	Report on voting
121A/608/FDIS	121A/621/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 60947 series, published under the general title *Low-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 60947-1:2020.

The provisions of the general rules dealt with in IEC 60947-1 are applicable to this document, where specifically called for. Clauses and subclauses, tables, figures and annexes of the general rules thus applicable are identified by reference to IEC 60947-1:2020.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 2: Circuit-breakers

1 Scope

This document applies to circuit-breakers, intended to be installed and operated by instructed or skilled persons, the main contacts of which are intended to be connected to circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V AC or 1 500 V DC; it also contains additional requirements for integrally fused circuit-breakers.

This document also applies to circuit-breakers with ratings at or below 1 000 V AC, additionally having one or more ratings above 1 000 V AC but not exceeding 1 500 V AC.

It applies whatever the rated currents, the method of construction or the proposed applications of the circuit-breakers may be.

Circuit-breakers per this document are suitable for isolation.

The requirements for circuit-breakers which are also intended to provide residual current protection are contained in Annex B.

Additional requirements for circuit-breakers intended for connection of aluminium conductors are contained in Annex D.

The additional requirements for circuit-breakers with electronic overcurrent protection are contained in Annex F.

The additional requirements for circuit-breakers for IT systems are contained in Annex H.

The requirements and test methods for electromagnetic compatibility of circuit-breakers are contained in Annex J.

The requirements for circuit-breakers not fulfilling the requirements for overcurrent protection are contained in Annex L.

The requirements for modular residual current devices (without integral current breaking device) are contained in Annex M.

The requirements and test methods for electromagnetic compatibility of circuit-breaker auxiliaries are contained in Annex N.

The requirements for instantaneous trip circuit-breakers are contained in Annex O.

The requirements and test methods for DC circuit-breakers for use in photovoltaic (PV) applications are contained in Annex P.

The requirements and test methods for circuit-breakers incorporating residual current protection with automatic reclosing functions are contained in Annex R.

Supplementary requirements for circuit-breakers used as direct-on-line starters are given in IEC 60947-4-1, applicable to low-voltage contactors and starters.

The requirements for circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations, and designed for use by uninstructed persons, are contained in IEC 60898 series.

The requirements for circuit-breakers for equipment (for example electrical appliances) are contained in IEC 60934.

For certain specific applications (for example traction, rolling mills, marine service, downstream of variable frequency drives, use in explosive atmospheres), particular or additional requirements can be applicable.

NOTE 1 Circuit-breakers can have dedicated accessories.

NOTE 2 Circuit-breakers which are dealt with in this document can be provided with devices for automatic opening under predetermined conditions other than those of overcurrent and undervoltage as, for example, reversal of power or current. This document does not deal with the verification of operation under such pre-determined conditions.

The object of this document is to state:

- a) the characteristics of circuit-breakers;
- b) the requirements for circuit-breakers with reference to:
 - 1) operation and behaviour in normal service;
 - 2) operation and behaviour in case of overload, operation and behaviour in case of short-circuit, including co-ordination in service (selectivity and back-up protection), as well as the operation and behaviour in case of ground-fault;
 - 3) dielectric properties;
 - 4) requirements on electromagnetic compatibility, where applicable;
- c) tests intended for confirming that these conditions have been met and the methods to be adopted for these tests;
- d) information to be marked on or given with the circuit-breakers.

NOTE 3 For cybersecurity requirements, see IEC TS 63208.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h ± 12 h cycle)*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60947-1:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-4-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2020, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*
IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

IEC 61000-4-6:2023, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-11:2020, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

IEC 62475:2010, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
CISPR 11:2015/AMD1:2016
CISPR 11:2015/AMD2:2019

CISPR 32:2015, *Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	292
1 Domaine d'application	294
2 Références normatives	295
3 Termes et définitions	296
4 Classification	300
4.1 Selon la catégorie de sélectivité, A ou B (voir 5.4)	300
4.2 Selon le mode de commande du mécanisme de manœuvre:	300
4.3 Selon les possibilités d'entretien:	300
4.4 Selon la méthode d'installation:	300
4.5 Selon le degré de protection procuré par l'enveloppe (voir 8.1.12 de l'IEC 60947-1:2020)	300
5 Caractéristiques des disjoncteurs	301
5.1 Énumération des caractéristiques	301
5.2 Type du disjoncteur	301
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites du circuit principal	301
5.3.1 Généralités	301
5.3.2 Tensions assignées	301
5.3.3 Courants	302
5.3.4 Fréquence assignée	302
5.3.5 Service assigné	302
5.3.6 Caractéristiques de court-circuit	302
5.4 Catégories de sélectivité	305
5.5 Circuits de commande	305
5.5.1 Circuits de commande électriques	305
5.5.2 Circuits de commande à air comprimé (pneumatiques ou électropneumatiques)	305
5.6 Circuits auxiliaires	305
5.7 Déclencheurs	306
5.7.1 Types	306
5.7.2 Caractéristiques	306
5.7.3 Courant de réglage des déclencheurs à maximum de courant	307
5.7.4 Réglage du temps de déclenchement des déclencheurs à maximum de courant	307
5.8 Fusibles incorporés (disjoncteurs à fusibles incorporés)	308
6 Informations sur le matériel	308
6.1 Nature des informations	308
6.2 Marquage	308
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien	310
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	310
8 Exigences relatives à la construction et au fonctionnement	310
8.1 Exigences relatives à la construction	310
8.1.1 Généralités	310
8.1.2 Disjoncteurs débrochables	311
8.1.3 Sectionnement	311
8.1.4 Distances d'isolement et lignes de fuite	311
8.1.5 Exigences pour la sécurité de l'opérateur	311
8.1.6 Liste des différences de construction	312

8.1.7	Exigences supplémentaires pour les disjoncteurs dotés d'un pôle neutre.....	312
8.1.8	Entrées et sorties numériques à l'usage des automates programmables (AP).....	312
8.2	Exigences relatives au fonctionnement	313
8.2.1	Conditions de fonctionnement.....	313
8.2.2	Échauffement	315
8.2.3	Propriétés diélectriques	317
8.2.4	Aptitude à l'établissement et à la coupure à vide, en charge normale et en surcharge	318
8.2.5	Aptitude à l'établissement et à la coupure en condition de court-circuit.....	318
8.2.6	Exigences de sectionnement	319
8.2.7	Exigences particulières pour les disjoncteurs à fusibles incorporés.....	319
8.2.8	Coordination entre un disjoncteur et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits.....	319
8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	319
9	Essais	319
9.1	Nature des essais	319
9.1.1	Généralités	319
9.1.2	Essais de type	319
9.1.3	Essais individuels de série.....	320
9.1.4	Essais spéciaux.....	320
9.2	Conformité aux exigences de construction	320
9.3	Essais de type	320
9.3.1	Généralités	320
9.3.2	Séquences d'essai.....	322
9.3.3	Conditions générales d'essai	328
9.3.4	Séquence d'essai I: caractéristiques générales de fonctionnement	337
9.3.5	Séquence d'essai II: Pouvoir assigné de coupure de service en court-circuit	348
9.3.6	Séquence d'essai III: Pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit.....	350
9.3.7	Séquence d'essai IV: Courant assigné de courte durée admissible	351
9.3.8	Séquence d'essai V: Fonctionnement des disjoncteurs à fusibles incorporés	353
9.3.9	Séquence d'essai VI: Séquence d'essai combinée	355
9.3.10	Séquence d'essai VII: Courant continu critique de charge.....	357
9.3.11	Séquence d'essai VIII: pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit sur un pôle séparément à la tension phase-neutre alternative	358
9.4	Essais individuels de série	359
9.4.1	Généralités	359
9.4.2	Essais de fonctionnement mécanique	360
9.4.3	Vérification de l'étalonnage des déclencheurs à maximum de courant	360
9.4.4	Vérification du fonctionnement des déclencheurs à minimum de tension et des déclencheurs shunt	361
9.4.5	Essais supplémentaires pour les DPR	361
9.4.6	Essais diélectriques.....	361
9.4.7	Essai pour la vérification des distances d'isolement inférieures à celles qui correspondent au Tableau 13, cas A de l'IEC 60947-1:2020	363
9.5	Essais spéciaux – Chaleur humide, brouillard salin, vibrations et chocs	363
Annexe A (normative) Coordination entre un disjoncteur et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit		366
A.1	Généralités	366

A.2	Objet.....	366
A.3	Exigences générales de coordination d'un disjoncteur avec un autre DPCC.....	366
A.4	Type et caractéristiques du DPCC associé.....	366
A.5	Vérification de la sélectivité	366
A.6	Vérification de la protection d'accompagnement.....	366
Annexe B (normative) Disjoncteurs à protection incorporée par courant différentiel résiduel (DPR).....		368
B.1	Généralités	368
B.1.1	Préambule	368
B.1.2	Objet	368
B.2	Termes et définitions	369
B.2.1	Termes et définitions relatifs aux courants qui circulent entre les parties actives et la terre.....	369
B.2.2	Termes et définitions relatifs à l'alimentation d'un DPR.....	370
B.2.3	Termes et définitions relatifs au fonctionnement et aux fonctions des DPR	370
B.2.4	Termes et définitions relatifs aux valeurs et aux plages des grandeurs d'alimentation	372
B.3	Classification	372
B.3.1	Classification selon le mode de fonctionnement de la fonction de courant différentiel résiduel	372
B.3.2	Classification selon la possibilité de réglage du courant différentiel résiduel de fonctionnement.....	372
B.3.3	Classification selon la temporisation de la fonction de courant différentiel résiduel	373
B.3.4	Classification selon le comportement en présence d'une composante continue	373
B.4	Caractéristiques des DPR pour leur fonction de courant différentiel résiduel.....	373
B.4.1	Valeurs assignées	373
B.4.2	Valeurs préférentielles et valeurs limites.....	373
B.4.3	Valeur du pouvoir assigné de fermeture et de coupure différentiel résiduel en court-circuit ($I_{\Delta m}$).....	375
B.4.4	Caractéristiques de fonctionnement dans le cas d'un courant de défaut à la terre avec ou sans composante continue	375
B.5	Marquage	376
B.6	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	378
B.7	Exigences relatives à la conception et au fonctionnement.....	378
B.7.1	Exigences relatives à la conception	378
B.7.2	Exigences relatives au fonctionnement	378
B.7.3	Compatibilité électromagnétique	382
B.8	Essais.....	382
B.8.1	Séquences d'essai.....	382
B.8.2	Vérification des caractéristiques de fonctionnement.....	385
B.8.3	Vérification des propriétés diélectriques	388
B.8.4	Vérification de la manœuvre de l'appareil d'essai aux limites de la tension assignée.....	388
B.8.5	Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en conditions de surintensité	389
B.8.6	Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus à des ondes de courant causées par des tensions de choc.....	389
B.8.7	Vérifications supplémentaires pour les DPR du type A et du type B	390

B.8.8	Vérifications supplémentaires pour les DPR du type B.....	392
B.8.9	Vérification du comportement des DPR fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, classés selon le B.3.1.2.1.....	397
B.8.10	Vérification du comportement des DPR fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, classés selon le B.3.1.2.2.....	398
B.8.11	Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure différentiel résiduel en court-circuit.....	399
B.8.12	Vérification des effets des conditions d'environnement	400
B.8.13	Vérification de la compatibilité électromagnétique.....	400
B.8.14	Essais pour des variations ou des interruptions de tension et pour des creux de tension	402
Annexe C (normative) Séquence d'essai en court-circuit sur un pôle séparément		415
C.1	Généralités	415
C.2	Essai de pouvoir de coupure en court-circuit sur un pôle séparément	415
C.3	Vérification de la tenue diélectrique et du courant de fuite	415
C.4	Vérification des déclencheurs de surcharge	415
Annexe D (normative) Exigences supplémentaires relatives aux disjoncteurs destinés au raccordement de conducteurs en aluminium		416
D.1	Généralités	416
D.2	Termes et définitions	416
D.3	Classification	417
D.4	Caractéristiques.....	417
D.5	Informations sur le matériel.....	417
D.5.1	Nature des informations.....	417
D.5.2	Marquage	417
D.5.3	Instructions d'installation, de fonctionnement et d'entretien	417
D.6	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	418
D.7	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	418
D.8	Essais.....	418
D.8.1	Généralités	418
D.8.2	Essai de cycle de courant.....	419
D.8.3	Essai climatique	423
D.8.4	Propriétés mécaniques des bornes	424
D.8.5	Essai d'insertion de conducteurs ronds en aluminium et non préparés de section maximale	424
Annexe E (informative) Points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur		428
Annexe F (normative) Essais supplémentaires pour les disjoncteurs à protection électronique contre les surintensités		429
F.1	Généralités	429
F.2	Liste des essais	429
F.2.1	Généralités	429
F.2.2	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM).....	429
F.2.3	Aptitude au fonctionnement à des fréquences multiples.....	430
F.2.4	Essai de chaleur sèche.....	430
F.2.5	Essai de chaleur humide.....	430
F.2.6	Cycles de variation de température avec un taux de variation spécifié.....	430
F.3	Conditions générales d'essai	430
F.3.1	Généralités	430
F.3.2	Essais de compatibilité électromagnétique.....	430

F.4	Essais d'immunité	431
F.4.1	Courants harmoniques.....	431
F.4.2	Décharges électrostatiques	433
F.4.3	Champs électromagnétiques RF rayonnés.....	433
F.4.4	Transitoires électriques rapides en salves (TER/S).....	433
F.4.5	Ondes de choc	433
F.4.6	Perturbations conduites, induites par les champs RF (mode commun).....	434
F.4.7	Creux de courant.....	434
F.5	Essais d'émission	435
F.5.1	Harmoniques	435
F.5.2	Fluctuations de tension.....	435
F.5.3	Perturbations conduites aux fréquences radioélectriques (150 kHz à 30 MHz).....	435
F.5.4	Perturbations rayonnées aux fréquences radioélectriques (30 MHz à 6 000 MHz).....	435
F.6	Aptitude au fonctionnement à des fréquences multiples	436
F.6.1	Généralités	436
F.6.2	Conditions d'essai	436
F.6.3	Mode opératoire d'essai.....	436
F.6.4	Résultats d'essai	436
F.7	Essai de chaleur sèche	436
F.7.1	Mode opératoire d'essai.....	436
F.7.2	Résultats d'essai	437
F.7.3	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	437
F.8	Essai de chaleur humide	437
F.8.1	Mode opératoire d'essai.....	437
F.8.2	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	437
F.9	Cycles de variation de température avec un taux de variation spécifié	438
F.9.1	Conditions d'essai	438
F.9.2	Mode opératoire d'essai.....	438
F.9.3	Résultats d'essai	438
F.9.4	Vérification des déclencheurs de surcharge.....	438
Annexe G (normative)	Perte de puissance	453
G.1	Généralités	453
G.2	Méthode de détermination.....	453
G.2.1	Disjoncteurs à courant alternatif de courant assigné supérieur à 400 A	453
G.2.2	Disjoncteurs à courant alternatif de courant assigné inférieur ou égal à 400 A.....	454
G.2.3	Disjoncteurs à courant continu.....	454
G.3	Conditions d'essai.....	454
G.4	Méthode d'essai.....	455
G.4.1	Généralités	455
G.4.2	Mesurages de la chute de tension	455
G.4.3	Mesurage du courant.....	455
Annexe H (normative)	Séquence d'essai pour les disjoncteurs pour réseaux IT	458
H.1	Généralités	458
H.2	Court-circuit sur un pôle séparément	458
H.3	Vérification de la tenue diélectrique et du courant de fuite	459
H.4	Vérification des déclencheurs de surcharge	459

H.5	Marquage	459
Annexe I Vacant		460
Annexe J (normative) Compatibilité électromagnétique (CEM) – Exigences et méthodes d'essai pour les disjoncteurs		461
J.1	Généralités	461
J.2	Immunité.....	462
J.2.1	Généralités	462
J.2.2	Décharges électrostatiques	464
J.2.3	Champs électromagnétiques RF rayonnés	465
J.2.4	Transitoires électriques rapides en salves (TER/S).....	465
J.2.5	Ondes de choc	466
J.2.6	Perturbations conduites, induites par les champs RF (mode commun).....	466
J.3	Émission	466
J.3.1	Généralités	466
J.3.2	Perturbations conduites aux fréquences radioélectriques (150 kHz à 30 MHz).....	467
J.3.3	Perturbations rayonnées aux fréquences radioélectriques (30 MHz à 6 000 MHz).....	468
Annexe K (informative) Glossaire des symboles et représentation graphique des caractéristiques		473
Annexe L (normative) Disjoncteurs qui ne satisfont pas aux exigences concernant la protection contre les surintensités (CBI)		482
L.1	Généralités	482
L.2	Termes et définitions	482
L.3	Classification	482
L.4	Caractéristiques.....	483
L.4.1	Courant assigné (I_n).....	483
L.4.2	Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{CC}).....	483
L.4.3	Autres caractéristiques	483
L.5	Informations sur le matériel.....	483
L.6	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	484
L.7	Essais.....	484
L.7.1	Généralités	484
L.7.2	Essais de courant de court-circuit conditionnel assigné	486
L.7.3	Essais individuels de série.....	488
Annexe M (normative) Appareils modulaires à courant différentiel résiduel (MRCD) (non intégrés à un appareil de coupure de courant)		489
M.1	Généralités	489
M.1.1	Préambule	489
M.1.2	Objet	489
M.2	Termes et définitions	489
M.2.1	Termes et définitions relatifs à l'alimentation d'un MRCD.....	490
M.2.2	Termes et définitions relatifs au fonctionnement et aux fonctions d'un MRCD.....	490
M.3	Classification	490
M.3.1	Classification selon la configuration des conducteurs primaires	490
M.3.2	Classification selon le mode de fonctionnement.....	491
M.3.3	Classification selon la possibilité de réglage du courant différentiel résiduel de fonctionnement.....	491

M.3.4	Classification selon la temporisation de la fonction de courant différentiel résiduel	491
M.3.5	Classification selon le comportement en présence d'une composante continue	491
M.4	Caractéristiques des MRCD	491
M.4.1	Caractéristiques générales	491
M.4.2	Caractéristiques des MRCD concernant leur fonction de courant différentiel résiduel	492
M.4.3	Comportement en condition de court-circuit	493
M.4.4	Valeurs préférentielles et valeurs limites	493
M.5	Informations sur le matériel	494
M.6	Conditions normales de service, de montage et de transport	495
M.7	Exigences relatives à la conception et au fonctionnement	496
M.7.1	Exigences relatives à la conception	496
M.7.2	Exigences relatives au fonctionnement	496
M.8	Essais	498
M.8.1	Généralités	498
M.8.2	Conformité aux exigences de construction	499
M.8.3	Vérification des caractéristiques de fonctionnement	500
M.8.4	Vérification des propriétés diélectriques	502
M.8.5	Vérification du fonctionnement de l'appareil d'essai aux limites de tension assignée	503
M.8.6	Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en conditions de surintensité, dans le cas d'une charge monophasée	503
M.8.7	Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus à des ondes de courant causées par des tensions de choc	503
M.8.8	Vérification du comportement dans le cas d'un courant de défaut à la terre qui comprend une composante continue	504
M.8.9	Vérification du comportement des MRCD à organe de détection séparé en cas de défaillance de la connexion de l'organe de détection	507
M.8.10	Vérification de l'échauffement des MRCD du type à bornes	508
M.8.11	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	508
M.8.12	Vérification du comportement des MRCD classés conformément au M.3.2.2.1 en cas de défaillance de la source de tension	509
M.8.13	Vérification du comportement des MRCD classés conformément au M.3.2.2.2 en cas de défaillance de la source de tension	509
M.8.14	Vérification du comportement des MRCD dans des conditions de court-circuit	510
M.8.15	Vérification des effets des conditions d'environnement	512
M.8.16	Vérification de la compatibilité électromagnétique	512
Annexe N (normative) Compatibilité électromagnétique (CEM) – Exigences supplémentaires et méthodes d'essai pour les appareils non couverts par l'Annexe B, l'Annexe F et l'Annexe M		537
N.1	Généralités	537
N.1.1	Vue d'ensemble	537
N.1.2	Conditions générales d'essai	537
N.2	Immunité	538
N.2.1	Généralités	538
N.2.2	Décharges électrostatiques	538
N.2.3	Champs électromagnétiques RF rayonnés	538
N.2.4	Transitoires électriques rapides en salves (TER/S)	539
N.2.5	Ondes de choc	539

N.2.6	Perturbations conduites, induites par les champs RF (mode commun).....	539
N.2.7	Creux de tension et interruptions	539
N.3	Émission.....	539
N.3.1	Généralités.....	539
N.3.2	Perturbations conduites aux fréquences radioélectriques (150 kHz à 30 MHz).....	540
N.3.3	Perturbations rayonnées aux fréquences radioélectriques (30 MHz à 6 000 MHz).....	540
Annexe O (normative) Disjoncteurs à déclenchement instantané (ICB, <i>Instantaneous trip Circuit-Breakers</i>).....		541
O.1	Généralités	541
O.2	Termes et définitions	541
O.3	Valeurs assignées.....	541
O.3.1	Généralités.....	541
O.3.2	Courant assigné (I_n).....	541
O.3.3	Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit	541
O.3.4	Pouvoirs assignés de coupure en court-circuit	542
O.4	Informations sur le matériel.....	542
O.5	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	542
O.6	Essais.....	543
O.6.1	Séquence d'essai de l'ICB seul.....	543
O.6.2	ICB associé avec un appareil de protection spécifié (par exemple un démarreur de moteur ou un relais à maximum de courant).....	543
Annexe P (normative) Disjoncteurs à courant continu pour utilisation dans les applications photovoltaïques (PV).....		544
P.1	Champ d'application.....	544
P.2	Termes et définitions	544
P.3	Classification	544
P.4	Caractéristiques des disjoncteurs PV.....	544
P.5	Informations sur le matériel.....	545
P.6	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	545
P.7	Exigences relatives à la construction et au fonctionnement.....	545
P.7.1	Exigences relatives à la construction	545
P.7.2	Exigences relatives au fonctionnement	545
P.7.3	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	546
P.8	Essais.....	546
P.8.1	Nature des essais.....	546
P.8.2	Conformité aux exigences de construction.....	546
P.8.3	Essais de type.....	546
P.8.4	Essais individuels de série.....	549
P.8.5	Essais spéciaux.....	549
Annexe Q Vacant.....		550
Annexe R (normative) Disjoncteurs à protection incorporée par courant différentiel résiduel avec fonctions de refermeture automatique (CBAR).....		551
R.1	Généralités	551
R.1.1	Préambule	551
R.1.2	Champ d'application	551
R.2	Termes et définitions	552
R.3	Classification	553

R.3.1	Selon la méthode de construction	553
R.3.2	Selon le mode de refermeture automatique.....	553
R.4	Caractéristiques.....	553
R.4.1	Courant assigné différentiel résiduel de refermeture automatique ($I_{\Delta ar}$).....	554
R.4.2	Nombre maximal de manœuvres de refermeture successives	554
R.5	Marquage et instructions.....	554
R.6	Conditions normales de service, de montage et de transport.....	554
R.7	Exigences relatives à la conception et au fonctionnement.....	554
R.7.1	Exigences relatives à la conception	554
R.7.2	Exigences relatives au fonctionnement	555
R.8	Essais.....	556
R.8.1	Conditions générales	556
R.8.2	Vérification de la non-refermeture après déclenchement dans des conditions de surintensité	557
R.8.3	Vérification de la non-refermeture après ouverture intentionnelle.....	557
R.8.4	Vérification de la fonction de refermeture automatique après un déclenchement sur courant de défaut à la terre	557
R.8.5	Vérification de l'endurance mécanique.....	559
R.8.6	Vérification de la fonction de sectionnement.....	559
R.8.7	Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure différentiel résiduel en court-circuit.....	560
R.8.8	Vérification de la fonction de refermeture automatique après les séquences d'essai de l'Article B.8.....	560
R.8.9	Essais des dispositifs de refermeture automatique de type externe	560
	Bibliographie.....	563

Figure 1	– Installation d'essai (câbles de raccordement non représentés) pour essais de court-circuit.....	364
Figure 2	– Exemples d'applications de la force d'essai pour la vérification de l'efficacité de l'indication de la position des contacts principaux (premier critère, organe de commande étant laissé libre)	365
Figure A.1	– Connexions câblées pour les essais de pouvoir de coupure en court-circuit conditionnel dans le cas d'un seul pôle sous tension phase-neutre alternative (C1)	367
Figure B.1	– Circuit d'essai pour la vérification de la caractéristique de fonctionnement (voir B.8.2).....	403
Figure B.2	– Circuit d'essai pour la vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensités (voir B.8.5)	404
Figure B.3	– Circuit d'essai pour la vérification du comportement des DPR classés selon le B.3.1.2.2 (voir B.8.10).....	405
Figure B.4	– Onde de courant 0,5 μ s/100 kHz.....	406
Figure B.5	– Exemple de circuit d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs	406
Figure B.6	– Onde de courant de choc 8/20 μ s	407
Figure B.7	– Circuit d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs en cas d'amorçage sans courant de suite.....	407
Figure B.8	– Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct des DPR dans le cas de courants différentiels résiduels continus pulsés	408
Figure B.9	– Circuit d'essai pour le courant différentiel résiduel continu pulsé auquel est superposé un courant continu lissé	409

Figure B.10 – Circuit d'essai pour les courants différentiels résiduels alternatifs auxquels est superposé un courant continu lissé	410
Figure B.11 – Circuit d'essai pour les courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés par deux phases	411
Figure B.12 – Circuit d'essai pour les courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés par trois phases	412
Figure B.13 – Circuit d'essai pour le courant différentiel résiduel continu lissé	413
Figure B.14 – Circuit d'essai pour les courants différentiels résiduels composites et les courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux jusqu'à 1 000 Hz	414
Figure D.1 – Disposition d'essai générale	420
Figure D.2 – Montage des bornes pour l'essai de cycle de courant	420
Figure F.1 – Représentation du courant d'essai produit par des thyristors dos à dos selon le F.4.1	439
Figure F.2 – Circuit d'essai pour les essais d'immunité et d'émission selon les F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 et F.6.3 – Deux pôles de phase en série	440
Figure F.3 – Circuit d'essai pour les essais d'immunité et d'émission selon les F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 et F.6.3 – Trois pôles de phase en série	440
Figure F.4 – Circuit d'essai pour les essais d'immunité et d'émission selon les F.4.1.3, F.4.2, F.4.3, F.4.6, F.4.7.1, F.5.4 et F.6.3 – Raccordement triphasé	441
Figure F.5 – Courant d'essai pour la vérification de l'influence des creux et des interruptions de courant selon le F.4.7.1	441
Figure F.6 – Circuit pour l'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) selon le F.4.4 – Deux pôles de phase en série	442
Figure F.7 – Circuit pour l'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) selon le F.4.4 – Trois pôles de phase en série	442
Figure F.8 – Circuit pour l'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) selon le F.4.4 – Raccordement triphasé	443
Figure F.9 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de choc sur le circuit principal (phase-terre) selon le F.4.5 – Deux pôles de phase en série	443
Figure F.10 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de choc sur le circuit principal (phase-terre) selon le F.4.5 – Trois pôles de phase en série	444
Figure F.11 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de choc sur le circuit principal (phase-terre) selon le F.4.5 – Raccordement triphasé	444
Figure F.12 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de courant de choc sur le circuit principal selon le F.4.5 – Deux pôles de phase en série	445
Figure F.13 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de courant de choc sur le circuit principal selon le F.4.5 – Trois pôles de phase en série	445
Figure F.14 – Circuit d'essai pour la vérification de l'influence des ondes de courant de choc sur le circuit principal selon le F.4.5 – Raccordement triphasé	446
Figure F.15 – Cycles de variation de température avec un taux de variation spécifié selon le F.9.1	446
Figure F.16 – Installation générale d'essai pour les essais d'immunité	447
Figure F.17 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques	448
Figure F.18 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) sur les lignes d'alimentation	448
Figure F.19 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) sur les lignes de signaux	449
Figure F.20 – Installation générale d'essai pour la vérification de l'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques (mode commun)	449

Figure F.21 – Disposition des raccordements pour la vérification de l'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques – Configuration de deux pôles de phase en série	450
Figure F.22 – Disposition des raccordements pour la vérification de l'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques – Configuration de trois pôles de phase en série	451
Figure F.23 – Disposition des raccordements pour la vérification de l'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques – Configuration triphasée	452
Figure G.1 – Circuit de mesure de la perte de puissance pour les disjoncteurs à courant alternatif.....	455
Figure G.2 – Circuit de mesure de la perte de puissance pour les disjoncteurs à courant alternatif de courant assigné inférieur ou égal à 400 A et les disjoncteurs à courant continu	456
Figure G.3 – Points de mesure pour les disjoncteurs avec un seul pôle par phase	456
Figure G.4 – Points de mesure pour les disjoncteurs avec plusieurs pôles par phase	457
Figure J.1 – EUT monté dans une enveloppe métallique	468
Figure J.2 – Installation d'essai pour le mesurage des émissions rayonnées aux fréquences radioélectriques	469
Figure J.3 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux décharges électrostatiques	470
Figure J.4 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques	471
Figure J.5 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) sur les lignes d'alimentation	472
Figure J.6 – Installation d'essai pour la vérification de l'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) sur les lignes de signaux	472
Figure K.1 – Relation entre les symboles et les caractéristiques de déclenchement.....	475
Figure K.2 – Modèle de caractéristiques du courant coupé limité par rapport au courant présumé de 1 kA à 200 kA	476
Figure K.3 – Modèle de caractéristiques du courant coupé limité par rapport au courant présumé de 0,01 kA à 200 kA	477
Figure K.4 – Modèle de caractéristiques de l'énergie limitée par rapport au courant présumé de 1 kA à 200 kA	478
Figure K.5 – Modèle de caractéristiques de l'énergie limitée par rapport au courant présumé de 0,01 kA à 200 kA	479
Figure K.6 – Exemple d'utilisation du modèle de la Figure K.2	480
Figure K.7 – Exemple d'utilisation du modèle de la Figure K.4	481
Figure M.1 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une augmentation régulière du courant différentiel résiduel	514
Figure M.2 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement en cas d'apparition subite d'un courant différentiel résiduel (avec appareil de coupure de courant).....	515
Figure M.3 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement en cas d'apparition subite d'un courant différentiel résiduel (sans appareil de coupure de courant).....	516
Figure M.4 – Circuits d'essai pour la vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en conditions de surintensité.....	517
Figure M.5 – Circuits d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs en cas de charge de la capacité du réseau	518
Figure M.6 – Circuit d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs en cas d'amorçage sans courant de suite.....	519

Figure M.7 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une augmentation régulière d'un courant différentiel résiduel continu pulsé	520
Figure M.8 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une apparition subite d'un courant différentiel résiduel continu pulsé (sans appareil de coupure de courant).....	521
Figure M.9 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une apparition subite d'un courant différentiel résiduel continu pulsé (avec appareil de coupure de courant).....	522
Figure M.10 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'un courant différentiel résiduel continu pulsé auquel est superposé un courant continu lissé ...	523
Figure M.11 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement en cas de montée lente d'un courant différentiel résiduel continu lissé	524
Figure M.12 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une apparition subite d'un courant différentiel résiduel continu lissé (sans appareil de coupure de courant).....	525
Figure M.13 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'une apparition subite d'un courant différentiel résiduel continu lissé (avec appareil de coupure de courant).....	526
Figure M.14 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés par trois phases	527
Figure M.15 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés par deux phases	528
Figure M.16 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels résiduels composites et de courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux jusqu'à 1 000 Hz	529
Figure M.17 – Circuits d'essai pour la vérification du fonctionnement dans le cas d'un courant différentiel résiduel alternatif superposé à un courant continu lissé	530
Figure M.18 – Circuit d'essai pour la vérification du comportement des MRCD à organe de détection séparé en cas de défaillance de la connexion de l'organe de détection.....	531
Figure M.19 – Circuit d'essai pour la vérification du comportement d'un MRCD à organe de détection séparé dans des conditions de court-circuit.....	532
Figure M.20 – Circuit d'essai pour la vérification du comportement d'un MRCD à organe de détection intégré dans des conditions de court-circuit	533
Figure M.21 – Circuit d'essai pour la vérification du comportement d'un MRCD du type à bornes dans des conditions de court-circuit	534
Figure M.22 – Vérification de l'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques – Installation d'essai pour les MRCD à organe de détection séparé (en complément de l'essai de l'Annexe B)	535
Figure M.23 – Vérification de l'immunité aux transitoires électriques rapides en salves (TER/S) sur la connexion de l'organe de détection d'un MRCD à organe de détection séparé (en complément de l'essai de l'Annexe B)	535
Figure M.24 – Vérification de l'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques – Installation d'essai pour les MRCD à organe de détection séparé (en complément de l'essai de l'Annexe B)	536
Figure R.1 – Circuit d'essai pour la vérification des fonctions de refermeture automatique.....	562
Tableau 1 – Rapport n entre les pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit et le facteur de puissance correspondant pour les disjoncteurs à courant alternatif.....	304
Tableau 2 – Valeurs minimales du courant assigné de courte durée admissible	305

Tableau 3 – Valeurs préférentielles de la tension assignée d'alimentation du circuit de commande si elle est différente de celle du circuit principal	305
Tableau 4 – Informations sur le matériel	308
Tableau 5 – Caractéristiques d'ouverture des déclencheurs d'ouverture à maximum de courant à temps inverse à la température de référence.....	315
Tableau 6 – Limites d'échauffement des bornes et des parties accessibles.....	316
Tableau 7 – Nombre de cycles de manœuvres.....	318
Tableau 8 – Essais de type.....	320
Tableau 9 – Index alphabétique des essais.....	321
Tableau 10 – Schéma d'ensemble des séquences d'essai	322
Tableau 11 – Applicabilité des séquences d'essai en fonction de la relation entre I_{CS} , I_{CU} et I_{CW}	324
Tableau 12 – Programmes d'essais alternatifs pour les disjoncteurs à courant alternatif.....	325
Tableau 13 – Applicabilité des essais ou des séquences d'essai aux disjoncteurs unipolaires, bipolaires et tétrapolaires selon le programme alternatif 1 du 9.3.2.4.....	326
Tableau 14 – Applicabilité des essais ou des séquences d'essai aux disjoncteurs unipolaires, bipolaires et tripolaires selon le programme alternatif 2 du 9.3.2.4.....	327
Tableau 15 – Nombre d'échantillons pour les essais	331
Tableau 16 – Valeurs des facteurs de puissance et des constantes de temps en fonction des courants d'essai.....	333
Tableau 17 – Essais de la séquence d'essai I.....	338
Tableau 18 – Caractéristiques du circuit d'essai pour le fonctionnement en surcharge.....	346
Tableau 19 – Essais de la séquence d'essai II.....	348
Tableau 20 – Essais de la séquence d'essai III.....	350
Tableau 21 – Essais de la séquence d'essai IV.....	351
Tableau 22 – Essais de la séquence d'essai V.....	353
Tableau 23 – Essais de la séquence d'essai I.....	355
Tableau 24 – Essais de la séquence d'essai VIII.....	358
Tableau B.1 – Caractéristique de fonctionnement dans le cas d'un courant sinusoïdal différentiel résiduel pour le type non temporisé.....	374
Tableau B.2 – Caractéristiques de fonctionnement dans le cas de courants sinusoïdaux différentiels résiduels, pour le type temporisé avec un temps limite de non-réponse de 0,06 s	375
Tableau B.3 – Informations sur le matériel.....	377
Tableau B.4 – Exigences relatives aux DPR fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation	382
Tableau B.5 – Séquences d'essai supplémentaires.....	385
Tableau B.6 – Plage de courants de déclenchement pour les DPR dans le cas d'un défaut à la terre qui comprend une composante continue.....	391
Tableau B.7 – Définition du courant composite d'essai et valeur du courant de départ.....	393
Tableau B.8 – Plage de courants de fonctionnement pour le courant différentiel résiduel composite.....	393
Tableau B.9 – Limites de fonctionnement pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux jusqu'à 1 000 Hz	394
Tableau C.1 – Essais de l'Annexe C	415
Tableau D.1 – Liste des essais pour les raccordements de câbles en aluminium dans les bornes.....	419

Tableau D.2 – Longueur de conducteur pour l'essai de cycle de courant en fonction de la section du conducteur	421
Tableau D.3 – Dimensions de l'égaliseur	421
Tableau D.4 – Courant d'essai de départ pour l'essai de cycle de courant	424
Tableau D.5 – Exemple de calcul du facteur de stabilité	425
Tableau D.6 – Valeurs d'essai pour l'essai de flexion et l'essai de traction des câbles	425
Tableau D.7 – Câbles d'essai en aluminium pour des courants d'essai inférieurs ou égaux à 800 A	426
Tableau D.8 – Barres d'essai en aluminium pour des courants d'essai supérieurs à 400 A ⁹ et inférieurs ou égaux à 3 150 A	427
Tableau E.1 – Liste des points qui font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur	428
Tableau F.1 – Paramètres d'essai pour les creux et interruptions de courant	435
Tableau H.1 – Essais de l'Annexe H	458
Tableau H.2 – Informations sur le matériel.....	459
Tableau J.1 – Essais d'immunité CEM	462
Tableau J.2 – Données de référence pour les spécifications d'essai d'immunité	464
Tableau J.3 – Essais d'émission CEM.....	467
Tableau J.4 – Données de référence pour les spécifications d'essai d'émission	467
Tableau K.1 – Glossaire des symboles et représentation graphique des caractéristiques	473
Tableau L.1 – Informations sur le matériel	484
Tableau L.2 – Essais de court-circuit conditionnel assigné lorsque le DPS est spécifié	487
Tableau L.3 – Essais de court-circuit conditionnel assigné lorsque le DPS n'est pas spécifié	487
Tableau M.1 – Informations sur le matériel	494
Tableau M.2 – Exigences pour les MRCD avec source de tension	497
Tableau M.3 – Séquences d'essais	499
Tableau O.1 – Informations sur le matériel.....	542
Tableau P.1 – Niveaux assignés de tenue aux chocs des disjoncteurs PV	545
Tableau P.2 – Informations sur le matériel.....	545
Tableau P.3 – Nombre de cycles de manœuvres	546
Tableau R.1 – Informations sur le matériel.....	554
Tableau R.2 – Séquences d'essai pour les dispositifs de refermeture automatique de type externe.....	561

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 2: Disjoncteurs

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60947-2 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillages à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillage et ensembles d'appareillages basse tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette sixième édition annule et remplace la cinquième édition parue en 2016 et son Amendement 1:2019. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) aptitude au sectionnement (voir Article 1) ;

- b) suppression de la classification selon le milieu de coupure, selon la conception et selon l'aptitude au sectionnement (voir Article 4);
- c) ajustement du courant de réglage avec un dispositif externe connectable au déclencheur (voir 5.7.3) ;
- d) exigences pour les circuits avec séparation de protection (voir 8.2.3.8);
- e) essais supplémentaires pour les déclencheur à maximum de courant de défaut à la terre (voir 9.3.4.2.5);
- f) essais supplémentaires concernant les propriétés diélectriques en position de déclenchement (voir 9.3.4.3) ;
- g) utilisation de la tension continue pour les essais diélectriques (voir 9.3.4.6.2 et 9.4.6);
- h) essais du pouvoir de coupure sur un pôle séparément à la tension phase-neutre alternative (voir 9.3.11);
- i) amélioration du mesurage de la perte de puissance à l'Annexe G;
- j) changements dans les essais CEM (voir Annexe J) ;
- k) introduction des CBI de classe W à l'Annexe L.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
121A/608/FDIS	121A/621/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, publiées sous le titre général *Appareillage à basse tension*, se trouve sur le site web de l'IEC.

La présente Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60947-1:2020.

Les dispositions des règles générales traitées dans l'IEC 60947-1 s'appliquent au présent document lorsque celui-ci le précise. Les articles, paragraphes, tableaux, figures et annexes des règles générales qui sont ainsi applicables sont identifiés par référence à l'IEC 60947-1:2020.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 2: Disjoncteurs

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux disjoncteurs destinés à être installés et utilisés par des personnes qualifiées ou compétentes, et dont les contacts principaux sont destinés à être reliés à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu; il contient aussi des exigences supplémentaires pour les disjoncteurs à fusibles incorporés.

Le présent document s'applique également aux disjoncteurs dont les caractéristiques assignées sont inférieures ou égales à 1 000 V en courant alternatif, qui ont en outre une ou plusieurs caractéristiques assignées supérieures à 1 000 V en courant alternatif, sans toutefois dépasser 1 500 V en courant alternatif.

Il s'applique quels que puissent être les courants assignés, les méthodes de construction et l'emploi prévu des disjoncteurs.

Les disjoncteurs conformes au présent document sont aptes au sectionnement.

Les exigences pour les disjoncteurs qui sont également destinés à procurer une protection par courant différentiel résiduel font l'objet de l'Annexe B.

Les exigences supplémentaires pour les disjoncteurs destinés au raccordement de conducteurs en aluminium font l'objet de l'Annexe D.

Les exigences supplémentaires pour les disjoncteurs à protection électronique contre les surintensités font l'objet de l'Annexe F.

Les exigences supplémentaires pour les disjoncteurs pour réseaux IT font l'objet de l'Annexe H.

Les exigences et les méthodes d'essai pour la compatibilité électromagnétique des disjoncteurs font l'objet de l'Annexe J.

Les exigences pour les disjoncteurs qui ne satisfont pas aux exigences relatives aux protections contre les surintensités font l'objet de l'Annexe L.

Les exigences pour les appareils modulaires à courant différentiel résiduel (non intégrés à un appareil de coupure de courant) font l'objet de l'Annexe M.

Les exigences et les méthodes d'essai pour la compatibilité électromagnétique des auxiliaires de disjoncteurs font l'objet de l'Annexe N.

Les exigences pour les disjoncteurs à déclenchement instantané font l'objet de l'Annexe O.

Les exigences et les méthodes d'essai pour les disjoncteurs à courant continu utilisés dans les applications photovoltaïques (PV) font l'objet de l'Annexe P.

Les exigences et les méthodes d'essai pour les disjoncteurs à protection incorporée par courant différentiel résiduel avec fonctions de refermeture automatique font l'objet de l'Annexe R.

Les exigences supplémentaires pour les disjoncteurs utilisés comme démarreurs directs sont spécifiées dans l'IEC 60947-4-1, applicable aux contacteurs et aux démarreurs à basse tension.

Les exigences pour les disjoncteurs destinés à la protection contre les surintensités des installations domestiques et analogues et prévus pour être utilisés par des personnes non averties figurent dans la série IEC 60898.

Les exigences relatives aux disjoncteurs pour le matériel (par exemple pour les appareils électriques) figurent dans l'IEC 60934.

Des exigences particulières ou supplémentaires peuvent s'appliquer pour certaines applications spécifiques (par exemple traction, laminoirs, service à bord des navires, circuits en aval de dispositifs d'entraînement à fréquence variable, utilisation dans des atmosphères explosives).

NOTE 1 Les disjoncteurs peuvent avoir des accessoires dédiés.

NOTE 2 Les disjoncteurs traités dans le présent document peuvent comporter des appareils destinés à déclencher une ouverture automatique dans des conditions prédéterminées autres que des conditions de surintensité et de chute de tension, telles que l'inversion de la puissance ou du courant, par exemple. Le présent document ne traite pas de la vérification du fonctionnement dans de telles conditions prédéterminées.

Le présent document a pour objet de spécifier:

- a) les caractéristiques des disjoncteurs;
- b) les exigences applicables aux disjoncteurs en ce qui concerne:
 - 1) leur fonctionnement et leur tenue en service normal;
 - 2) leur fonctionnement et leur tenue en cas de surcharge, le fonctionnement et le comportement en cas de court-circuit, y compris la coordination en service (sélectivité et protection d'accompagnement), ainsi que leur fonctionnement et leur tenue en cas de courant de défaut à la terre;
 - 3) leurs propriétés diélectriques;
 - 4) leurs exigences de compatibilité électromagnétique, le cas échéant;
- c) les essais destinés à vérifier si ces conditions sont remplies et les méthodes à adopter pour ces essais;
- d) les informations à marquer sur les disjoncteurs ou à fournir avec ceux-ci.

NOTE 3 Pour les exigences de cybersécurité, voir l'IEC TS 63208.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60228, *Âmes des câbles isolés*

IEC 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60947-1:2020, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-4-1, *Appareillage à basse tension – Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3:2020, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4:2012, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*
IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

IEC 61000-4-6:2023, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-11:2020, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

IEC 62475:2010, *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure*

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 11:2015/AMD1:2016

CISPR 11:2015/AMD2:2019

CISPR 32:2015, *Compatibilité électromagnétique des équipements multimédia – Exigences d'émission*