

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 1: General rules**

**Appareillage à basse tension –
Partie 1: Règles générales**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 1: General rules**

**Appareillage à basse tension –
Partie 1: Règles générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-8026-3

**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	13
INTRODUCTION	16
1 Scope	17
2 Normative references	17
3 Terms, definitions, symbols and reference clauses	21
3.1 General	21
3.2 Alphabetical index of definitions	21
3.3 General terms and definitions	26
3.4 Switching devices	30
3.5 Parts of switching devices	33
3.6 Operation of switching devices	39
3.7 Characteristic quantities	44
3.8 Tests	54
3.9 Ports	54
3.10 Symbols and references clauses for characteristics described in this document	54
4 Classification	55
5 Characteristics	55
5.1 Summary of the characteristics	55
5.2 Type of equipment	56
5.3 Rated and limiting values for the main circuit	56
5.3.1 Rated voltages	56
5.3.2 Currents	57
5.3.3 Rated frequency	58
5.3.4 Rated duties	58
5.3.5 Characteristics under normal load and overload conditions (see 8.2.4)	60
5.3.6 Short-circuit characteristics	61
5.3.7 Pole impedance of the switching device (Z)	62
5.4 Utilization category	62
5.5 Control circuits	62
5.5.1 Electrically or electronically controlled circuits	62
5.5.2 Air-supply control circuits (pneumatic or electro-pneumatic)	63
5.6 Auxiliary circuits	63
5.7 Relays and releases	63
5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)	63
6 Product information	63
6.1 Nature of information	63
6.2 Marking	64
6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling	65
6.4 Environmental information	66
7 Normal service, mounting and transport conditions	66
7.1 Normal service conditions	66
7.1.1 Ambient air temperature	66
7.1.2 Altitude	67
7.1.3 Atmospheric conditions	67

7.1.4	Shock and vibration	68
7.2	Conditions during transport and storage	68
7.3	Mounting	68
8	Constructional and performance requirements	68
8.1	Constructional requirements	68
8.1.1	General	68
8.1.2	Materials	69
8.1.3	Current-carrying parts and their connections	70
8.1.4	Clearances and creepage distances	70
8.1.5	Actuator	70
8.1.6	Indication of the contact position	71
8.1.7	Additional requirements for equipment suitable for isolation	71
8.1.8	Terminals	73
8.1.9	Additional requirements for equipment provided with a neutral pole	74
8.1.10	Provisions for protective earthing	74
8.1.11	Dedicated enclosures for equipment	76
8.1.12	Degrees of protection of enclosed equipment	76
8.1.13	Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits	76
8.2	Performance requirements	77
8.2.1	Operating conditions	77
8.2.2	Temperature-rise	78
8.2.3	Dielectric properties	79
8.2.4	Ability to make, carry and break currents under no-load, normal load and overload conditions	82
8.2.5	Ability to make, carry and break short-circuit currents	83
8.2.6	Pole impedance	83
8.2.7	Leakage currents of equipment suitable for isolation	84
8.3	Electromagnetic compatibility (EMC)	84
8.3.1	General	84
8.3.2	Immunity	84
8.3.3	Emission	85
9	Tests	85
9.1	Kinds of test	85
9.1.1	General	85
9.1.2	Type tests	85
9.1.3	Routine tests	86
9.1.4	Sampling tests	86
9.1.5	Special tests	86
9.2	Compliance with constructional requirements	87
9.2.1	General	87
9.2.2	Test of materials to abnormal heat and fire	87
9.2.3	Equipment	87
9.2.4	Enclosures for equipment	87
9.2.5	Mechanical and electrical properties of terminals	88
9.2.6	Verification of the effectiveness of indication of the main contact position of equipment suitable for isolation	90
9.2.7	Vacant	93
9.2.8	Conduit pull-out test, torque test and bending test with metallic conduits	93
9.2.9	Test of earth continuity for protective earth	94

9.3	Performance	94
9.3.1	Test sequences	94
9.3.2	General test conditions	94
9.3.3	Performance under no-load, normal load and overload conditions	96
9.3.4	Performance under short-circuit conditions	109
9.4	Tests for EMC	114
9.4.1	General	114
9.4.2	Immunity	114
9.4.3	Emission	115
Annex A (informative) Harmonisation of utilization categories for low-voltage switchgear and controlgear		146
Annex B (Vacant)		149
Annex C (normative) Degrees of protection of enclosed equipment		150
C.1	General	150
C.2	Object	150
C.3	Definitions	150
C.4	Designation	150
C.5	Degrees of protection against access to hazardous parts and against ingress of solid foreign objects indicated by the first characteristic numeral	150
C.6	Degrees of protection against ingress of water indicated by the second characteristic numeral	150
C.7	Degrees of protection against access to hazardous parts indicated by the additional letter	151
C.8	Supplementary letters	151
C.9	Examples of designations with IP Code	151
C.10	Marking	151
C.11	General requirements for tests	151
C.12	Tests for protection against access to hazardous parts indicated by the first characteristic numeral	152
C.13	Tests for protection against ingress of solid foreign objects indicated by the first characteristic numeral	152
C.14	Tests for protection against water indicated by second characteristic numeral	153
C.14.1	Test means	153
C.14.2	Test conditions	153
C.14.3	Acceptance conditions	153
C.15	Tests for protection against access to hazardous parts indicated by additional letter	153
C.16	Summary of responsibilities of relevant technical committees	153
Annex D (informative) Examples of clamping units and relationship between clamping unit and connecting device		157
D.1	Clamping unit in a connecting device	157
D.2	Examples of clamping units	158
Annex E (informative) Description of a method for adjusting the load circuit		165
Annex F (informative) Determination of short-circuit power-factor or time-constant		167
F.1	Determination of short-circuit power-factor	167
F.1.1	Method I – Determination from DC component	167
F.1.2	Method II – Determination with pilot generator	167
F.2	Determination of short-circuit time-constant (oscillographic method)	168
Annex G (informative) Measurement of creepage distances and clearances		169

G.1	Basic principles.....	169
G.2	Use of ribs	169
Annex H (informative) Correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of equipment		176
Annex J (informative) Items subject to agreement between manufacturer and user.....		178
Annex K (normative) Procedure to determine reliability data for electromechanical devices used in functional safety applications		179
K.1	General.....	179
K.1.1	Overview	179
K.1.2	Object.....	179
K.1.3	General requirements	179
K.2	Terms, definitions and symbols	180
K.2.1	Terms and definitions	180
K.2.2	Symbols	181
K.3	Method based on durability test results	181
K.3.1	General method	181
K.3.2	Test requirements.....	181
K.3.3	Number of samples.....	181
K.3.4	Characterization of a failure mode	181
K.3.5	Weibull modelling	182
K.3.6	Useful life and upper limit of failure rate.....	184
K.3.7	Reliability data.....	185
K.4	Data information	185
K.5	Example.....	186
K.5.1	Test results.....	186
K.5.2	Weibull distribution and median rank regression	186
K.5.3	Useful life and failure rate.....	187
Annex L (normative) Terminal marking and distinctive number		189
L.1	General.....	189
L.2	Terminal marking of impedances (alphanumeric).....	189
L.2.1	Coils	189
L.2.2	Electromagnetic releases.....	190
L.2.3	Interlocking electromagnets	190
L.2.4	Indicating light devices	191
L.3	Terminal marking of contact elements for switching devices with two positions (numerical).....	191
L.3.1	Contact elements for main circuits (main contact elements).....	191
L.3.2	Contact elements for auxiliary circuit (auxiliary contact elements).....	191
L.4	Terminal marking of overload protection devices.....	193
L.5	Distinctive number	194
L.6	Marking of terminals for external associated electronic circuit components, contacts and complete devices	194
L.6.1	Marking of terminals for external associated electronic circuit components and contacts	194
L.6.2	Marking of terminals for external complete devices.....	197
Annex M (normative) Flammability test		200
M.1	Hot wire ignition test (HWI)	200
M.1.1	Test sample.....	200
M.1.2	Description of test apparatus	200

M.1.3	Conditioning	201
M.1.4	Test procedure	201
M.2	Arc ignition test (AI)	201
M.2.1	Test sample	201
M.2.2	Description of test apparatus	201
M.2.3	Conditioning	202
M.2.4	Test procedure	202
M.3	HWI and AI requirements	203
Annex N (normative)	Requirements and tests for equipment with protective separation	204
N.1	General	204
N.2	Terms and definitions	204
N.3	Requirements	206
N.3.1	General	206
N.3.2	Dielectric requirements	206
N.3.3	Construction requirements	206
N.4	Tests	207
N.4.1	General	207
N.4.2	Dielectric tests	207
N.4.3	Examples of constructional measures	207
Annex O (informative)	Environmentally conscious design	209
O.1	General	209
O.2	Object	209
O.3	Terms and definitions	210
O.4	General considerations	212
O.5	Fundamentals requirements of environmentally conscious design (ECD)	215
O.6	Environmentally conscious design process (ECD process)	216
O.6.1	General	216
O.6.2	Process steps of ECD	216
O.7	Tools for including ECD in product design and development	217
O.8	Relevant ISO technical committees	217
Annex P (informative)	Terminal lugs for low voltage switchgear and controlgear connected to copper conductors	218
Annex Q (normative)	Special tests – Tests for environmental categories	219
Q.1	General	219
Q.2	Classification of equipment	219
Q.3	Tests	220
Q.3.1	General test conditions	220
Q.3.2	Test sequences	220
Annex R (normative)	Application of the metal foil for dielectric testing on accessible parts during operation or adjustment	225
R.1	General	225
R.2	Object	225
R.3	Definition of zones	226
R.3.1	General	226
R.3.2	Application of metal foil on accessible parts during normal operation or adjustment	226
Annex S (normative)	Digital inputs and outputs	233
S.1	General	233
S.2	Terms and definitions	233

S.3	Functional requirements.....	233
S.3.1	Rated values and operating ranges	233
S.3.2	Digital I/Os	234
S.4	Verification of input/output requirements	242
S.4.1	General	242
S.4.2	Verification of digital inputs.....	243
S.4.3	Verification of digital outputs.....	243
S.4.4	Behaviour of the equipment	244
S.5	General information to be provided by the manufacturer	245
S.5.1	Information on digital inputs (current sinking).....	245
S.5.2	Information on digital outputs for alternating currents (current sourcing)	245
S.5.3	Information on digital outputs for direct current (current sourcing).....	246
S.6	Digital input standard operating range equations.....	246
Annex T (normative)	Extended functions within electronic overload relays	248
T.1	Object.....	248
T.1.1	General	248
T.1.2	Ground/earth fault detection function	248
T.2	Terms and definitions.....	248
T.3	Classification of electronic overload relays.....	249
T.4	Types of relays with ground/earth fault detection function	249
T.5	Performance requirements	249
T.5.1	Limits of operation of ground/earth fault electronic overload relays	249
T.5.2	Limits of operation of ground/earth fault current sensing electronic relays Type CII(-A and -B)	250
T.5.3	Limits of operation of voltage asymmetry relays.....	250
T.5.4	Limits of operation of phase reversal relays	250
T.5.5	Limits of operation of current imbalance relays	250
T.5.6	Limits of operation of over-voltage relays and releases.....	250
T.6	Tests	251
T.6.1	Limits of operation of ground/earth fault current sensing electronic relays Types CI and CII (-A and -B)	251
T.6.2	Verification of inhibit function of ground/earth fault current sensing electronic relays Type CII (-A and -B)	251
T.6.3	Current asymmetry relays.....	251
T.6.4	Voltage asymmetry relays.....	251
T.6.5	Phase reversal relays	251
T.6.6	Over-voltage relays	252
T.7	Routine and sampling tests	252
Annex U (informative)	Examples of control circuit configurations	253
U.1	External control device.....	253
U.1.1	Definition	253
U.1.2	Diagrammatic representation of an external control device	253
U.1.3	Parameters of an external control device	253
U.2	Control circuit configurations.....	254
U.2.1	Equipment with external control supply	254
U.2.2	Equipment with several external control supplies	254
U.2.3	Equipment with bus interface (may be combined with other circuit configurations).....	255
Annex V (informative)	Power management with switchgear and controlgear for electrical energy efficiency.....	256

V.1	General.....	256
V.2	Object.....	256
V.3	Terms and definitions.....	256
V.4	Electrical energy efficiency and safety	257
V.5	Principles on electrical energy efficiency (system approach)	257
V.5.1	General	257
V.5.2	Strategy of energy management	257
V.5.3	Power management with automation and control	257
V.6	Energy efficiency application.....	258
V.6.1	Saving of semiconductor losses.....	258
V.6.2	Power factor correction.....	258
V.6.3	Load shedding	258
V.6.4	Motor control for fixed speed applications.....	258
Annex W	(normative) Procedure to establish material declaration	259
W.1	General.....	259
W.2	Object.....	259
W.3	Reference document.....	259
W.4	Terms and definitions.....	259
W.5	Material declaration requirements	260
W.5.1	General reporting requirements	260
W.5.2	Additional reporting requirements	261
W.6	Example of material declaration made according to W.5	261
Annex X	(normative) Co-ordination between circuit-breaker or CPS and another short-circuit protective device associated in the same circuit	267
X.1	General.....	267
X.2	Object.....	267
X.3	General requirements for the co-ordination of a circuit-breaker or CPS with another SCPD	268
X.3.1	General considerations	268
X.3.2	Take-over current (I_B)	268
X.3.3	Behaviour of C_1 in association with another SCPD	268
X.4	Type and characteristics of the associated SCPD	268
X.5	Verification of selectivity	269
X.5.1	General	269
X.5.2	Consideration of selectivity by desk study.....	269
X.5.3	Selectivity determined by test	270
X.6	Verification of back-up protection	271
X.6.1	Determination of the take-over current.....	271
X.6.2	Verification of back-up protection.....	271
X.6.3	Tests for verification of back-up protection	271
X.6.4	Results to be obtained	272
Bibliography.....		278
Figure 1	– Test equipment for flexion test (see 9.2.5.3 and Table 5)	131
Figure 2	– Gauges of form A and form B (see 9.2.5.5.2 and Table 7)	131
Figure 3	– Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a single-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.3.5.2)	132

Figure 4 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a two-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.3.5.2)	133
Figure 5 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a three-pole equipment (see 9.3.3.5.2)	134
Figure 6 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a four-pole equipment (see 9.3.3.5.2)	135
Figure 7 – Schematic illustration of the recovery voltage across contacts of the first phase to clear under ideal conditions (see 9.3.3.5.2, item e))	136
Figure 8 – Diagram of a load circuit adjustment method	137
Figure 9 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a single-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.4.1.2)	138
Figure 10 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a two-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.4.1.2)	139
Figure 11 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a three-pole equipment (see 9.3.4.1.2)	140
Figure 12 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a four-pole equipment (see 9.3.4.1.2)	141
Figure 13 – Example of short-circuit making and breaking test record in the case of a single-pole equipment on single-phase AC (see 9.3.4.1.8)	142
Figure 14 – Verification of short-circuit making and breaking capacities on direct current (see 9.3.4.1.8)	143
Figure 15 – Determination of the prospective breaking current when the first calibration of the test circuit has been made at a current lower than the rated breaking capacity (see 9.3.4.1.8, item b))	144
Figure 16 – Actuator test force (see 9.2.6.2.1 and Table 17)	145
Figure D.1 – Clamping unit in a connecting device	157
Figure D.2 – Screw clamping units	158
Figure D.3 – Pillar clamping units	159
Figure D.4 – Stud clamping units	160
Figure D.5 – Saddle clamping units	161
Figure D.6 – Lug clamping units	162
Figure D.7 – Mantle clamping units	163
Figure D.8 – Screwless-type clamping units (sketches)	164
Figure E.1 – Determination of the actual value of the factor γ	166
Figure G.1 – Measurement of ribs	170
Figure G.2 – Creepage distance across the fixed and moving insulation of contact carriers	170
Figure G.3 – Example 1	171
Figure G.4 – Example 2	171
Figure G.5 – Example 3	171
Figure G.6 – Example 4	172
Figure G.7 – Example 5	172
Figure G.8 – Example 6	172
Figure G.9 – Example 7	173
Figure G.10 – Example 8	173

Figure G.11 – Example 9	174
Figure G.12 – Example 10	174
Figure G.13 – Example 11	175
Figure K.1 – Plot of Weibull median rank regression	188
Figure M.1 – Test fixture for hot wire ignition test.....	200
Figure M.2 – Circuit for arc ignition test	202
Figure N.1 – Example of application with component connected between separated circuits.....	208
Figure O.1 – Conceptual relationship between provisions in product standards and the environmental impacts associated with the product during its life cycle.....	214
Figure O.2 – Overview of ECD process.....	215
Figure P.1 – Dimensions.....	218
Figure R.1 – Operating mechanism outside the enclosure.....	227
Figure R.2 – Application of the metallic foil to operating areas around switch actuator	228
Figure R.3 – Example of finger protected location for hazardous-live-parts in push-button vicinity	229
Figure R.4 – Example I of application of the foil	229
Figure R.5 – Example II of application of the foil	230
Figure R.6 – Example III of application of the foil	230
Figure R.7 – Application of metal foil on holes and grooves	231
Figure R.8 – Operating space for actuation by rotary means	232
Figure S.1 – I/O parameters.....	235
Figure S.2 – <i>U-I</i> operation regions of current-sinking inputs.....	236
Figure S.3 – Temporary overload waveform for digital AC outputs	239
Figure S.4 – Temporary overload waveform for digital DC outputs	242
Figure T.1 – Test circuit for the verification of the operating characteristic of a ground/earth fault current sensing electronic relay	252
Figure U.1 – Diagrammatic representation of an external control device	253
Figure U.2 – Single supply and control input.....	254
Figure U.3 – Separate supply and control inputs.....	254
Figure U.4 – Equipment with several external control supplies	254
Figure U.5 – Equipment with bus interface.....	255
Figure W.1 – Example of Main and Business information, graphical representation of the XML code.....	263
Figure W.2 – Example of product information, graphical representation of the XML code	264
Figure W.3 – Example of declarable substances information, graphical representation of the XML code.....	265
Figure W.4 – Example of material classes information, graphical representation of the XML code	266
Figure X.1 – Overcurrent co-ordination between a circuit-breaker or CPS and a fuse or back-up protection by a fuse: operating characteristics	273
Figure X.2 – Total selectivity between two circuit-breakers or a circuit-breaker and a CPS	274
Figure X.3 – Back-up protection by a circuit-breaker or CPS – Operating characteristics	275

Figure X.4 – Example of test circuit for conditional short-circuit breaking capacity tests showing cable connections for a 3-pole circuit-breaker or CPS (C ₁)	276
Figure X.5 – Example of test circuit for the verification of selectivity	277

Table 1 – Nominal cross-sections of round copper conductors and approximate relationship between mm ² and AWG/kcmil sizes (see 8.1.8.2)	116
Table 2 – Temperature-rise limits of terminals (see 8.2.2.2 and 9.3.3.3.4)	117
Table 3 – Temperature-rise limits of accessible parts (see 8.2.2.3 and 9.3.3.3.4)	117
Table 4 – Tightening torques for the verification of the mechanical strength of screw-type terminals (see 9.2.5.2 and 9.3.2.1)	118
Table 5 – Test values for flexion and pull-out tests for round copper conductors (see 9.2.5.4.1)	119
Table 6 – Test values for pull-out test for flat copper conductors (see 9.2.5.4.2)	119
Table 7 – Maximum conductor cross-sections and corresponding gauges (see 9.2.5.5.1)	120
Table 8 – Relationship between conductor cross-section and diameter	121
Table 9 – Test copper conductors for test currents up to 400 A inclusive (see 9.3.3.3.4)	122
Table 10 – Test copper conductors for test currents above 400 A and up to 800 A inclusive (see 9.3.3.3.4)	123
Table 11 – Test copper bars for test currents above 400 A and up to 3 150 A inclusive (see 9.3.3.3.4)	123
Table 12 – Impulse withstand test voltages	124
Table 13 – Minimum clearances in air	124
Table 14 – Test voltages across the open contacts of equipment suitable for isolation	125
Table 15 – Minimum creepage distances	125
Table 16 – Values of power-factors and time-constants corresponding to test currents, and ratio n between peak and RMS values of current (see 9.3.4.3, item a))	126
Table 17 – Actuator test force (see 9.2.6.2.1)	127
Table 18 – Tolerances on test quantities (see 9.3.4.3, item a))	127
Table 19 – Dielectric test voltage corresponding to the rated insulation voltage	127
Table 20 – Test values for conduit pull-out test (see 9.2.8.2)	128
Table 21 – Test values for conduit bending test (see 9.2.8.3)	128
Table 22 – Test values for conduit torque test (see 9.2.8.2 and 9.2.8.4)	128
Table 23 – Tests for EMC – Immunity (see 9.4.1)	129
Table 24 – Acceptance criteria when EM disturbances are present	130
Table 25 – Cross-sectional area of a copper protective conductor	130
Table A.1 – Utilization categories used in the IEC 60947 series	146
Table C.1 – IP Codes (1 of 3)	154
Table G.1 – Minimum widths of grooves	169
Table H.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and the equipment rated impulse withstand voltage, in case of overvoltage protection by surge-arresters according to IEC 60099-1	177
Table K.1 – Failure modes of devices	182
Table K.2 – Example of 15 sorted ascending times to failure of contactors	186
Table K.3 – Example median rank calculation	187

Table M.1 – HWI and AI characteristics for materials necessary to retain current carrying parts in position	203
Table M.2 – HWI and AI characteristics for materials other than those covered by Table M.1	203
Table P.1 – Examples of terminal lugs for low voltage switchgear and controlgear connected to copper conductors	218
Table Q.1 – Test sequences (1 of 4)	221
Table S.1 – Rated values and operating ranges of incoming power supply	234
Table S.2 – Standard operating ranges for digital inputs (current sinking)	237
Table S.3 – Rated values and operating ranges for current sourcing digital AC outputs	238
Table S.4 – Rated values and operating ranges (direct current) for current-sourcing digital DC outputs	241
Table S.5 – Overload and short-circuit tests for digital outputs	244
Table T.1 – Tripping time of ground/earth fault electronic overload relays	249
Table W.1 – Example of main and business information in tabular form	262
Table W.2 – Example of product information in tabular form	263
Table W.3 – Example of declarable substances information in tabular form	264
Table W.4 – Example of material classes information in tabular form	266

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –**Part 1: General rules****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60947-1 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.

This sixth edition cancels and replaces the fifth edition published in 2007, Amendment 1:2010 and Amendment 2:2014. This edition constitutes a technical revision.

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

- DC values testing improvement;
- update of EMC tests;
- Annex B deletion;
- update of requirements for environmental tests (Table Q.1);
- improvement of Annex R (new examples);

- deletion of digital input Type 2, and introduction of Type 3 in Annex S;
- example for materials declaration (Annex W);
- new Annex X (co-ordination between short-circuit protective devices associated in the same circuit) created.

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

FDIS	Report on voting
121A/337/FDIS	121A/344/RVD

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

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

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

The following differing practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

5.3.6.4 Rated conditional short-circuit current (I_q , alternatively I_{cc}) (North America)

6.2 Marking (USA and Canada)

8.1.3 Current-carrying parts and their connections (USA)

8.1.7.1 Additional constructional requirements (USA)

8.1.10.1 (North America)

9.2.6.2.2 Dependent power operation (USA)

9.2.6.2.3 Independent power operation (Canada and USA)

Figure 4 (USA and Canada)

Figure 5 (USA and Canada)

Figure 10 (USA and Canada)

Figure 11 (USA and Canada)

Figure X.4 (USA and Canada)

Figure X.5 (USA and Canada)

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

INTRODUCTION

The purpose of this document is to harmonize as far as practicable all rules and requirements of a general nature applicable to low-voltage switchgear and controlgear in order to obtain uniformity of requirements and tests throughout the corresponding range of equipment and to avoid the need for testing to different standards.

All those parts of the various equipment standards which can be considered as general have therefore been gathered in this document together with specific subjects of wide interest and application, e.g. temperature-rise, dielectric properties, etc.

For each type of low-voltage switchgear and controlgear, only two main documents are necessary to determine all requirements and tests:

- 1) this document, referred to as "Part 1" or "IEC 60947-1" in the specific standards covering the various types of low-voltage switchgear and controlgear;
- 2) the relevant equipment standard hereinafter referred to as the "relevant product standard" or "product standard of this series".

For a general rule to apply to a specific product standard, it will be explicitly referred to by the latter, by quoting the relevant clause or subclause number of this document followed by "IEC 60947-1" e.g. "7.2.3 of IEC 60947-1:20xx".

A specific product standard will only deviate from the general rules when there is substantial technical justification.

NOTE All references to "product standards" in this document means "product standards of IEC 60947 series".

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 1: General rules

1 Scope

This document applies, when required by the relevant product standard, to low-voltage switchgear and controlgear hereinafter referred to as "equipment" or "device" and intended to be connected to circuits, the rated voltage of which does not exceed 1 000 V AC or 1 500 V DC.

This document states the general rules and common safety requirements for low-voltage switchgear and controlgear, including:

- definitions;
- characteristics;
- information supplied with the equipment;
- normal service, mounting and transport conditions, decommissioning and dismantling;
- constructional and performance requirements;
- verification of characteristics and performance;
- energy efficiency aspects (see Annex V);
- environmental aspects.

This document does not apply to:

- low-voltage switchgear and controlgear assemblies which are dealt with in IEC 61439 series, as applicable;
- terminals for connection of aluminium conductors;

NOTE Terminals for aluminium conductors are under consideration for the next revision.

- use within explosive atmospheres (see IEC 60079 series);
- software and firmware requirements for functional safety application (see IEC 61508-3);
- cyber security aspects (see IEC 62443 series).

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 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-52:1996, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*¹

IEC 60068-2-78:2012, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60092-504:2016, *Electrical installations in ships – Part 504: Automation, control and instrumentation*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-1:2006/AMD1:2009

IEC 60269-1:2006/AMD2:2014

IEC 60300-3-5:2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

IEC TR 60344:2007, *Calculation of d.c. resistance of plain and coated copper conductors of low-frequency cables and wires – Application guide*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60445:2017, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

¹ Second edition (1996). This 2nd edition was replaced in 2017 by a 3rd Edition IEC 60068-2-52:2017, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*.

IEC 60695-2-10:2013, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2014, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*

IEC 60695-2-12, *Fire hazard testing – Part 2-12: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials*

IEC 60695-11-10:2013, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60947-2:2016, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*
IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 60947-4-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers and starters*

IEC 60947-5 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5: Control circuit devices and switching elements*

IEC 60947-5-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 60947-8, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 8: Control units for built-in thermal protection (PTC) for rotating electrical machines*

IEC 60981:2019, *Extra heavy-duty electrical rigid steel conduits*

IEC 60999-1:1999, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

IEC 60999-2:2003, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 2: Particular requirements for clamping units for conductors above 35 mm² up to 300 mm² (included)*

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-34, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-34: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current more than 16 A per phase*

IEC 61000-6-2:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for equipment used in power station and substation environment*

IEC 61131-2:2017, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

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

IEC 61180:2016, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Definitions, test and procedure requirements, test equipment*

IEC 61439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61557-2, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 2: Insulation resistance*

IEC 61649:2008, *Weibull analysis*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

IEC 62061:2005/AMD1:2012

IEC 62061:2005/AMD2:2015

IEC 62474:2018, *Material declaration for products of and for the electrotechnical industry*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

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

ISO 3864-2, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Registered symbols* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 13849-1:2015, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

3 Terms, definitions, symbols and reference clauses

3.1 General

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.2 Alphabetical index of definitions

	References
A	
"a" contact	3.5.12
Actuating force	3.6.17
Actuating system (of a mechanical switching device)	3.5.16
Actuator	3.5.17
Ambient air temperature	3.3.9
Anti-pumping device	3.5.20
Applied voltage (for a switching device)	3.7.32
Arcing contact	3.5.8
Arcing time (of a multipole switching device)	3.7.41
Arcing time (of a pole or a fuse)	3.7.40
Automatic control	3.6.5
Auxiliary circuit (of a switching device)	3.5.4
Auxiliary contact	3.5.10
Auxiliary switch (of a mechanical switching device)	3.5.11
B	
"b" contact	3.5.13
Back-up protection	3.7.24
Basic insulation	N.2.2
Break contact	3.5.13
Breaking capacity (of a switching device or a fuse)	3.7.12
Breaking current (of a switching device or a fuse)	3.7.11
Break time	3.7.42
C	
Censoring	K.2.1.5
Circuit-breaker	3.4.11
Clamping unit	3.5.26
Clearance	3.7.46
Clearance between open contacts	3.7.49
Clearance between poles	3.7.47
Clearance to earth	3.7.48
Closed position (of a mechanical switching device)	3.6.20
Closing operation (of a mechanical switching device)	3.6.8
Closing time	3.7.44
Comparative tracking index	3.7.64
Conditional short-circuit current (of a circuit or a switching device)	3.7.29
Conductive part	3.3.10
Connecting device	3.5.22
Constant failure rate period	K.2.1.3
Contact (of a mechanical switching device)	3.5.5
Contact (piece)	3.5.6
Contact relay	3.4.14
Control circuit (of a switching device)	3.5.3
Control circuit device	3.4.16

Control contact	3.5.9
Controlgear	3.3.3
Control and protective switching device	3.4.24
Control switch (for control and auxiliary circuits)	3.4.17
Conventional non-tripping current (of an overcurrent relay or release)	3.7.30
Conventional tripping current (of an overcurrent relay or release)	3.7.31
Co-ordination of insulation	3.7.60
Creepage distance	3.7.51
Critical load current	3.7.16
Critical short-circuit current	3.7.17
Current-carrying part	3.5.37
Current setting (of an overcurrent or overload relay or release)	3.6.38
Current setting range (of an overcurrent or overload relay or release)	3.6.39
Current sinking	S.2.3
Current sourcing	S.2.4
Cut-off current	3.7.19
Cut-off (current) characteristic	3.7.21

D

DC steady-state recovery voltage	3.7.36
DC withstand voltage	3.7.67
Declarable substance	W.4.1
Declarable substance group	W.4.2
Definite time-delay overcurrent relay or release	3.6.27
Dependent manual operation (of a mechanical switching device)	3.6.12
Dependent power operation (of a mechanical switching device)	3.6.13
Design and development	O.3.1
Digital input	S.2.1
Digital output	S.2.2
Direct overcurrent relay or release	3.6.29
Disconnecter	3.4.8
Double insulation	N.2.4

E

Electric shock	3.3.20
Electrical energy efficiency	V.3.3
(Electrical) relay	3.5.14
(Electrically) protective separation	3.3.25
Electronically controlled electromagnet	3.5.36
Electronic overload relay with current or voltage asymmetry function	T.2.2
Electronic overload relay with ground/earth fault detection function	T.2.1
Electronic overload relay with phase reversal function	T.2.3
Electronic overload relay with over voltage function	T.2.4
Electronic overload relay with under power function	T.2.6
Enclosure	3.3.16
End of life (EOL)	O.3.19
Energy efficiency	V.3.4
Energy management	V.3.1
Energy management system (EnMS)	V.3.2
Energy recovery	O.3.20
Environment	O.3.2
Environmental aspect	O.3.3
Environmental impact	O.3.4
Environmental parameter	O.3.5
Environmentally conscious design (ECD)	O.3.6
Environmentally conscious design tool	O.3.7
Exposed conductive part	3.3.11
External controle device	U.1.1.1
Extra-low voltage (ELV)	N.2.6
Extraneous-conductive-part	3.3.12

F

Flexible conductor.....	3.5.32
Functional insulation	N.2.1
Fuse	3.4.4
Fuse-combination unit.....	3.4.7
Fuse-element.....	3.4.6
Fuse-link.....	3.4.5

H

Homogeneous field	3.7.62
Homogeneous material	W.4.3

I

I^2t	3.7.18
Impulse withstand voltage.....	3.7.55
Independent manual operation (of a mechanical switching device).....	3.6.15
Independent power operation (of a mechanical switching device)	3.6.16
Indicator light.....	3.5.19
Indirect overcurrent relay or release.....	3.6.30
Individual enclosure	3.4.23
Inhibit current	T.2.5
Inhomogeneous field.....	3.7.63
Instantaneous relay or release	3.6.25
Integral enclosure	3.3.17
Insulation coordination barrier.....	3.3.23
Interlocking device	3.5.21
Inverse time-delay overcurrent relay or release.....	3.6.28
Isolating distance (of a pole of a mechanical switching device)	3.3.24
Isolation.....	3.3.19

J

Joule integral	3.7.18

L

Leakage current.....	3.7.50
Let-through current	3.7.19
Let-through (current) characteristic	3.7.21
Let-through energy	3.7.18
Life cycle	O.3.8
Life cycle assessment (LCA).....	O.3.9
Life cycle stage.....	O.3.10
Life cycle thinking (LCT)	O.3.11
Limiting value	3.7.2
Line conductor.....	3.3.26
Live part	3.3.13
Load	V.3.5
Load shedding	V.3.7
Local control	3.6.6

M

Magnetic overload relay or release	3.6.33
Main circuit (of a switching device)	3.5.2
Main contact	3.5.7
Maintenance	3.3.31
Make-break time	3.7.45
Make contact	3.5.12
Make time	3.7.43
Making capacity (of a switching device)	3.7.13
Manual control	3.6.4
Manufacturer	3.3.21
Material class	W.4.4
Material declaration	W.4.5
Maximum cross-section	3.5.35

Maximum prospective peak current (of an AC circuit).....	3.7.8
(Mechanical) contactor.....	3.4.12
(Mechanical) switch	3.4.9
Mechanical switching device	3.4.2
Micro-environment (of a clearance or creepage distance)	3.7.58
Mid-point conductor	3.3.27
Minimum cross-section	3.5.34
Multiple tip contact system.....	3.5.33

N

Neutral conductor	3.3.15
Nominal value	3.7.1
No-make-break-current utilization	K.2.1.7
Non-universal clamping unit.....	3.5.26.2
Non-universal terminal	3.5.25.2

O

Open position (of a mechanical switching device)	3.6.21
Opening operation (of a mechanical switching device)	3.6.9
Opening time (of a mechanical switching device)	3.7.39
Operating current (of an overcurrent relay or release).....	3.6.37
Operating cycle (of a mechanical switching device)	3.6.2
Operating sequence (of a mechanical switching device)	3.6.3
Operation (of a mechanical switching device)	3.6.1
Organization	O.3.12
Overall lifetime.....	K.2.1.4
Overcurrent	3.3.4
Overcurrent partial selectivity.....	3.7.23.3
Overcurrent selectivity	3.7.23.1
Overcurrent protective co-ordination of overcurrent protective devices	3.7.22
Overcurrent relay or release	3.6.26
Overcurrent total selectivity	3.7.23.2
Overload	3.3.7
Overload current.....	3.3.8
Overload relay or release.....	3.6.31
Overvoltage category (of a circuit or within an electrical system)	3.7.59

P

Peak arc voltage (of a mechanical switching device).....	3.7.38
Peak shaving	V.3.6
Peak withstand current	3.7.28
PEL conductor	3.3.30
PELV circuit.....	N.2.8
PEM conductor	3.3.28
PEN conductor.....	3.3.29
Pilot switch	3.4.18
Pole of a switching device.....	3.5.1
Pollution	3.7.56
Pollution degree (of environmental conditions).....	3.7.57
Port	3.9.1
Position indicating device.....	3.5.18
Positively driven operation	3.6.11
Positive opening operation (of a mechanical switching device).....	3.6.10
Power-frequency recovery voltage	3.7.35
Power-frequency withstand voltage.....	3.7.56
Power port (control supply port)	3.9.3
Prepared conductor	3.5.28
Process	O.3.13
Product.....	O.3.14
Product category.....	O.3.15
Prospective breaking current (for a pole of a switching device or a fuse).	3.7.10
Prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)	3.7.5

Prospective making current (for a pole of a switching device)	3.7.9
Prospective peak current	3.7.6
Prospective symmetrical current (of an AC circuit)	3.7.7
Prospective transient recovery voltage (of a circuit)	3.7.37
Protection by limitation of steady-state current and electric charge	N.2.9
Protective conductor	3.3.14
Protective impedance device	N.2.10
Push-button	3.4.19
Push-wire terminal	3.5.25.3

R

Rated value	3.7.3
Rated control circuit supply voltage (U_s)	3.7.66
Rated control circuit voltage (U_c)	3.7.65
Rating	3.7.4
Recovery voltage	3.7.33
Recyclability	O.3.18
Recycling	O.3.17
Reinforced insulation	N.2.5
Release (of a mechanical switching device)	3.5.15
Reliability (performance)	K.2.1.1
Remote control	3.6.7
Restoring force	3.6.18
Reverse current relay or release (direct current only)	3.6.36
Rigid conductor	3.5.31
Routine test	3.8.2

S

Sampling test	3.8.3
Screw-type terminal	3.5.24
Screwless-type terminal	3.5.25
Selectivity	3.7.21
Selectivity limit current (I_s)	3.7.68
SELV circuit	N.2.7
Semiconductor contactor (solid-state contactor)	3.4.13
Semiconductor switching device	3.4.3
Short-circuit	3.3.5
Short-circuit breaking capacity	3.7.14
Short-circuit current	3.3.6
Short-circuit making capacity	3.7.15
Short-circuit protective device (SCPD)	3.4.21
Short-time delay	3.7.26
Short-time withstand current	3.7.27
Shunt release	3.6.34
Signal port	3.9.2
Solid conductor	3.5.29
Solid insulation	3.3.22
Special test	3.8.4
Stakeholder	O.3.16
Starter	3.4.15
Stranded conductor	3.5.30
Stored energy operation (of a mechanical switching device)	3.6.14
Supplementary insulation	N.2.3
Surge arrester	3.4.22
Suspended item	K.2.1.6
Switch-disconnector	3.4.10
Switchgear	3.3.2
Switchgear and controlgear	3.3.1
Switching device	3.4.1

T

Take-over current	3.7.25

Temporary overvoltage	3.7.53
Terminal	3.5.23
Terminal block	3.4.20
Thermal overload relay or release	3.6.32
Time-current characteristic	3.7.20
Time to failure	K.2.1.8
Tracking	3.7.63
Transient recovery voltage	3.7.34
Travel (of a mechanical switching device or a part thereof)	3.6.19
Trip-free mechanical switching device	3.6.24
Tripped position	3.6.22
Tripping (operation)	3.6.23
Type test	3.8.1

U

Under-voltage relay or release	3.6.35
Universal clamping unit	3.5.26.1
Universal terminal	3.5.25.1
Unprepared conductor	3.5.27
Useful life	K.2.1.2
Utilization category (for a switching device or a fuse)	3.3.18

W

Working voltage	3.7.52

3.3 General terms and definitions

3.3.1

switchgear and controlgear

general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-01]

3.3.2

switchgear

general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures, intended in principle for use in connection with generation, transmission, distribution and conversion of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-02]

3.3.3

controlgear

general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures, intended in principle for the control of electric energy consuming equipment

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-03]

3.3.4

overcurrent

current exceeding the rated current

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-06]

3.3.5

short-circuit

accidental or intentional conductive path between two or more conductive parts forcing the electric potential differences between these conductive parts to be equal to or close to zero

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-11]

3.3.6

short-circuit current

overcurrent resulting from a short-circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-07]

3.3.7

overload

operating conditions in an electrically undamaged circuit, which cause an overcurrent

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-08]

3.3.8

overload current

overcurrent occurring in an electrically undamaged circuit

3.3.9

ambient air temperature

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the complete switching device or fuse

Note 1 to entry: For switching devices or fuses installed inside an enclosure, it is the temperature of the air outside the enclosure.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-13, modified – “the” has been deleted.]

3.3.10

conductive part

part which is capable of conducting current although it may not necessarily be used for carrying service current

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-09, modified – “a” has been deleted.]

3.3.11

exposed conductive part

conductive part which can readily be touched and which is not normally alive, but which may become alive under fault conditions

Note 1 to entry: Typical exposed conductive parts are walls of enclosures, operating handles, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-10, modified – “a” has been deleted.]

3.3.12

extraneous-conductive-part

conductive part not forming part of the electrical installation and liable to introduce an electric potential, generally the electric potential of a local earth

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-11]

3.3.13

live part

conductive part intended to be energized in normal conditions, including a neutral conductor or mid-point conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modified – “conductor or” deleted, “normal conditions, including a neutral conductor or mid-point conductor” replaces “normal operation, including a neutral conductor.”]

3.3.14

protective conductor

PE (identification)

conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.3.15

neutral conductor

N (identification)

conductor electrically connected to the neutral point and capable of contributing to the distribution of electrical energy

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-06, modified – alternative term “N (identification)” has been added.]

3.3.16

enclosure

part providing a specified degree of protection of equipment against certain external influences and a specified degree of protection against approach to or contact with hazardous live parts and hazardous mechanical parts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-13-01, modified – references to “of an assembly” deleted from term and definition, “hazardous live parts and hazardous mechanical parts” replaces “live parts and against contact with moving parts”.]

3.3.17

integral enclosure

enclosure which forms an integral part of the equipment

3.3.18

utilization category

<for a switching device or a fuse> combination of specified requirements related to the condition in which the switching device or the fuse fulfils its purpose, selected to represent a characteristic group of practical applications

Note 1 to entry: The specified requirements can concern e.g. the values of making capacities (if applicable), breaking capacities and other characteristics, the associated circuits and the relevant conditions of use and behaviour.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-19, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.3.19

isolation

disconnection of an installation or its discrete section from any source of the electric energy for purposes of electrical safety

3.3.20**electric shock**

physiological effect resulting from an electric current passing through a human or animal body

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.3.21**manufacturer**

for the purposes of this document, any person, company or organisation with ultimate responsibility as follows:

- to verify compliance with the appropriate standard or standards;
- to provide the product information according to Clause 6

Note 1 to entry: For instance, in the case of “protected starters” assembled according to the instructions of the component providers, the manufacturer will be the entity that undertook the assembly.

3.3.22**solid insulation**

solid insulating material interposed between two conductive parts

3.3.23**insulation coordination barrier**

solid insulating material that is not an integral part, provided for the purpose of increasing either creepage distances or clearance distances or both

3.3.24**isolating distance**

<of a pole of a mechanical switching device> clearance between open contacts meeting the safety requirements specified for disconnectors

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-35, modified – “the” has been deleted.]

3.3.25**protective separation****electrically protective separation**

separation of one electric circuit from another by means of:

- double insulation, or
- basic insulation and electrically protective screen, or
- reinforced insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-19, modified – “screen” replaces “screening”.]

3.3.26**line conductor**

phase conductor (in AC systems) (deprecated)

pole conductor (in DC systems) (deprecated)

conductor which is energized in normal operation and capable of contributing to the transmission or distribution of electric energy but which is not a neutral or mid-point conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-08]

3.3.27**mid-point conductor**

conductor electrically connected to the mid-point and capable of contributing to the distribution of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-07]

3.3.28

PEM conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a mid-point conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.3.29

PEN conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a neutral conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.3.30

PEL conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a line conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

3.3.31

maintenance

combination of all technical actions intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform as required

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-01, modified – “and management” and Note 1 to entry have been deleted.]

3.4 Switching devices

3.4.1

switching device

device designed to make or break the current in one or more electric circuits

Note 1 to entry: A switching device can perform one or both of these operations.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-01, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.4.2

mechanical switching device

switching device designed to close and open one or more electric circuits by means of separable contacts

Note 1 to entry: Any mechanical switching device can be designated according to the medium in which its contacts open and close, e.g.: air, SF₆, oil.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-02, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.4.3

semiconductor switching device

switching device designed to make and/or break the current in an electric circuit by means of the controlled conductivity of a semiconductor

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-03, modified – Addition of “and/or break”.]

3.4.4**fuse**

device that, by the fusing of one or more of its specifically designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time

Note 1 to entry: The fuse comprises all the parts that form the complete device.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-01]

3.4.5**fuse-link**

part of a fuse (including the fuse-element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-09]

3.4.6**fuse-element**

part of the fuse-link designed to melt under the action of current exceeding some definite value for a definite period of time

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-08]

3.4.7**fuse-combination unit**

combination of a mechanical switching device and one or more fuses in a composite unit, assembled by the manufacturer or in accordance with their instructions

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-04, modified – “his instructions” has been replaced by “their instructions” and Note 1 to entry has been deleted.]

3.4.8**disconnecter**

mechanical switching device which, in the open position, complies with the requirements specified for isolation

3.4.9**switch****mechanical switch**

mechanical switching device capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions which may include specified operating overload conditions and also carrying for a specified time currents under specified abnormal circuit conditions such as those of short-circuit

Note 1 to entry: A switch can be capable of making but not breaking short-circuit currents.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-10, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.4.10**switch-disconnector**

switch which, in the open position, satisfies the isolating requirements specified for a disconnecter

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-12]

3.4.11

circuit-breaker

mechanical switching device, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions and also making, carrying for a specified time and breaking currents under specified abnormal circuit conditions such as those of short-circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-20, modified – "time" replaced "duration".]

3.4.12

contactor

mechanical contactor

mechanical switching device having only one position of rest, operated otherwise than by hand, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions including operating overload conditions

Note 1 to entry: Contactors can be designated according to the method by which the force for closing the main contacts is provided.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-33, modified – In term, "mechanical" in parenthesis, and in Note 1 to entry, "Mechanical" has been deleted and "may" changed to "can".]

3.4.13

semiconductor contactor

solid-state contactor

device which performs the function of a contactor by utilizing a semiconductor switching device

Note 1 to entry: A semiconductor contactor can also contain mechanical switching devices.

3.4.14

contactor relay

contactor used as a control switch

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-35]

3.4.15

starter

combination of all the switching means necessary to start and stop a motor, in combination with suitable overload protection

Note 1 to entry: Starters can be designated according to the method by which the force for closing the main contacts is provided.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-38, modified – In Note 1 to entry, "may" changed to "can".]

3.4.16

control circuit device

electrical device, intended for the controlling, signalling, interlocking, etc. of switchgear and controlgear

Note 1 to entry: Control circuit devices can include associated devices dealt with in other standards, such as instruments, potentiometers, relays, in so far as such associated devices are used for the purposes specified.

3.4.17

control switch

<for control and auxiliary circuits> mechanical switching device which serves the purpose of controlling the operation of switchgear or controlgear, including signalling, electrical interlocking, etc.

Note 1 to entry: A control switch consists of one or more contact elements with a common actuating system.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-46]

3.4.18

pilot switch

non-manual control switch actuated in response to specified conditions of an actuating quantity

Note 1 to entry: The actuating quantity can be pressure, temperature, velocity, liquid level, elapsed time, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-48, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.4.19

push-button

control switch having an actuator intended to be operated by force exerted by a part of the human body, usually the finger or palm of the hand, and having stored energy (spring) return

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-53]

3.4.20

terminal block

insulating part carrying one or more mutually insulated terminal assemblies and intended to be fixed to a support

3.4.21

short-circuit protective device

SCPD

device intended to protect a circuit or parts of a circuit against short-circuit currents by interrupting them

3.4.22

surge arrester

device designed to protect the electrical apparatus from high transient overvoltages and to limit the duration and frequently the amplitude of the follow-on current

3.4.23

individual enclosure

enclosure designed and dimensioned to contain one equipment only

3.4.24

control and protective switching device

CPS

mechanical switching device operated other than by hand, but with or without local manual operating means, capable of:

- making, carrying and breaking currents under normal conditions, including specified operating overload conditions
- making, carrying for a specified time, and breaking currents under specified abnormal conditions such as those of short-circuits

3.5 Parts of switching devices

3.5.1

pole of a switching device

portion of a switching device associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit and excluding those portions which provide a means for mounting and operating all poles together

Note 1 to entry: A switching device is called single-pole if it has only one pole. If it has more than one pole, it can be called multipole (two-pole, three-pole, etc.) provided the poles are or can be coupled in such a manner as to operate together.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.5.2

main circuit

<of a switching device> all the conductive parts of a switching device included in the circuit which it is designed to close or open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-02]

3.5.3

control circuit

<of a switching device> all the conductive parts (other than the main circuit) of a switching device which are included in a circuit used for the closing operation or opening operation, or both, of the device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-03]

3.5.4

auxiliary circuit

<of a switching device> all the conductive parts of a switching device which are intended to be included in a circuit other than the main circuit and the control circuits of the device

Note 1 to entry: Some auxiliary circuits fulfil supplementary functions such as signalling, interlocking, etc., and, as such, they can be part of the control circuit of another switching device.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-04, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.5.5

contact

<of a mechanical switching device> conductive parts designed to establish circuit continuity when they touch and which, due to their relative motion during an operation, open or close a circuit or, in the case of hinged or sliding contacts, maintain circuit continuity

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-05]

3.5.6

contact

contact piece

one of the conductive parts forming a contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-06]

3.5.7

main contact

contact included in the main circuit of a mechanical switching device, intended to carry, in the closed position, the current of the main circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-07]

3.5.8

arcing contact

contact on which the arc is intended to be established

Note 1 to entry: An arcing contact can serve as a main contact; it can be a separate contact so designed that it opens after and closes before another contact which it is intended to protect from deterioration.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-08, modified – “injury” has been replaced by “deterioration” and In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.5.9

control contact

contact included in a control circuit of a mechanical switching device and mechanically operated by this device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-09]

3.5.10

auxiliary contact

contact included in an auxiliary circuit and mechanically operated by the switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-10]

3.5.11

auxiliary switch

<of a mechanical switching device> switch containing one or more control and/or auxiliary contacts mechanically operated by a switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-11]

3.5.12

"a" contact

make contact

control or auxiliary contact which is closed when the main contacts of the mechanical switching device are closed and open when they are open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-12]

3.5.13

"b" contact

break contact

control or auxiliary contact which is open when the main contacts of the mechanical switching device are closed and closed when they are open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-13]

3.5.14

relay

electrical relay

device designed to produce sudden, predetermined changes in one or more electric output circuits when certain conditions are fulfilled in the electric input circuits controlling the device

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-31]

3.5.15

release

<of a mechanical switching device> device, mechanically connected to a mechanical switching device, which releases the holding means and permits the opening or the closing of the switching device

Note 1 to entry: A release can have instantaneous, time-delay, etc., operation. The various types of releases are defined in 3.6.24 to 3.6.35.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-17, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.5.16

actuating system

<of a mechanical switching device> whole of the operating means of a mechanical switching device which transmit the actuating force to the contact pieces

Note 1 to entry: The operating means of an actuating system can be mechanical, electromagnetic, hydraulic, pneumatic, thermal, etc.

3.5.17

actuator

part of the actuating system to which an external actuating force is applied

Note 1 to entry: The actuator can take the form of a handle, knob, push-button, roller, plunger, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-22]

3.5.18

position indicating device

part of a mechanical switching device which indicates whether it is in the open, closed, or, where appropriate, earthed position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-25]

3.5.19

indicator light

light signal giving information either by lighting or extinguishing

3.5.20

anti-pumping device

device which prevents reclosing after a close-open operation as long as the device initiating closing is maintained in the position for closing

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-48]

3.5.21

interlocking device

device which makes the operation of a switching device dependent upon the position of operation of one or more other pieces of equipment

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-49]

3.5.22

connecting device

device for the electrical connection of one (or more) conductor(s), comprising one (or more) terminal(s), either fixed to a base or forming an integral part of the equipment

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.3]

3.5.23

terminal

conductive part of one pole of a device for electrical connection to external circuit, composed of one or more clamping unit(s) and insulation if necessary

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.2, modified – “of a device for electrical connection to external circuit” has been added.]

3.5.24**screw-type terminal**

terminal intended for the connection and disconnection of conductors or for the interconnection of two or more conductors, the connection being made, directly or indirectly, by means of screws or nuts of any kind

Note 1 to entry: Examples are given in Annex D.

3.5.25**screwless-type terminal**

terminal intended for the connection and disconnection of conductors or for the interconnection on two or more conductors, the connection being made, directly or indirectly, by means of springs, wedges, eccentrics or cones, etc.

Note 1 to entry: Examples are given in Annex D.

3.5.25.1**universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (solid, stranded and flexible)

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.1, modified – “(rigid and flexible)” replaced with “(solid, stranded and flexible)”.]

3.5.25.2**non-universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only (for example, solid conductors only or solid and stranded conductors only)

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.2, modified – “rigid [solid and stranded]” replaced with “solid and stranded”.]

3.5.25.3**push-wire terminal**

non-universal terminal in which the connection is made by pushing in solid or stranded conductors

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.3, modified – “rigid (solid or stranded)” replaced with “solid or stranded”.]

3.5.26**clamping unit**

part(s) of the terminal necessary for the mechanical clamping and the electrical connection of the conductor(s), including the parts which are necessary to ensure the correct contact pressure

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.1]

3.5.26.1**universal clamping unit**

clamping unit intended for all types of conductors

3.5.26.2**non-universal clamping unit**

clamping unit intended for certain types of conductors only, for example:

- push-wire clamping unit for solid conductors only
- push-wire clamping unit for solid and stranded conductors only

Note 1 to entry: On push-wire clamping unit the connection is made by simple insertion of solid or stranded conductors (see 8.1.8.1).

3.5.27

unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor the shape of which is arranged for introduction into a terminal or the strands of which are twisted to consolidate the end is considered to be an unprepared conductor.

3.5.28

prepared conductor

conductor, the strands of which are soldered or the end of which is fitted with a cable lug, eyelet, etc.

3.5.29

solid conductor

conductor consisting of a single wire

Note 1 to entry: The solid conductor can be circular or shaped.

Note 2 to entry: Solid conductor is defined as class 1 conductor in IEC 60228, or by IEC 60344, or equivalent AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-06, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”, and Note 2 to entry has been added.]

3.5.30

stranded conductor

conductor consisting of a number of wires, all or some of which are wound in a helix

Note 1 to entry: Stranded conductor is defined as class 2 conductor in IEC 60228, or by IEC 60344, or equivalent AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-36, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.5.31

rigid conductor

solid or stranded conductor having wires of such diameters, or so assembled, that the conductor is not suitable for use in a flexible cable

3.5.32

flexible conductor

stranded conductor having wires of diameters small enough and so assembled that the conductor is suitable for use in a flexible cable

Note 1 to entry: Flexible conductor is defined as class 5 or class 6 conductor in IEC 60228, or by IEC 60344, or equivalent AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-11, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.5.33

multiple tip contact system

contact system comprising more than one contact gap per pole, which can be switched, in series and/or in parallel

3.5.34

minimum cross-section

value of the smallest connectable conductor cross-section stated by the manufacturer as suitable for the terminal

Note 1 to entry: The manufacturer can declare several minimum cross-sections depending on the type of conductor, for example solid, stranded, flexible, with or without ferrule.

3.5.35

maximum cross-section

value of the largest connectable conductor cross-section stated by the manufacturer as suitable for the terminal

Note 1 to entry: The manufacturer can declare several maximum cross-sections depending on the type of conductor, for example solid, stranded, flexible, with or without ferrule.

Note 2 to entry: The term “rated cross-section” used in IEC 60947-7-1 and IEC 60999-2 and the term “rated connecting capacity” of a clamping unit used in IEC 60999-1 are considered equivalent when referring to certain thermal, mechanical and electrical requirements, as stated by the manufacturer and as specified in their relevant product standard.

3.5.36

electronically controlled electromagnet

electromagnet in which the coil is controlled by a circuit with active electronic elements

3.5.37

current-carrying part

conductive part which carries the electric current under normal conditions

Note 1 to entry: The line conductor (L), the neutral conductor (N), the mid-point conductor (M), the PEN conductor, the PEM conductor and the PEL conductor are the current-carrying parts. The protective conductor (PE) is not a current-carrying part.

3.6 Operation of switching devices

3.6.1

operation

<of a mechanical switching device> transfer of the moving contact(s) from one position to an adjacent position

Note 1 to entry: For example, for a circuit-breaker, this can be a closing operation or an opening operation.

Note 2 to entry: If distinction is necessary, an operation in the electrical sense, e.g., make or break, is referred to as a switching operation, and an operation in the mechanical sense, e.g., close or open, is referred to as a mechanical operation.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-01, modified – in Note 1 to entry, “for example” has been added and “may” changed to “can”.]

3.6.2

operating cycle

<of a mechanical switching device> succession of operations from one position to another and back to the first position through all other positions, if any

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02]

3.6.3

operating sequence

<of a mechanical switching device> succession of specified operations with specified time intervals

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-03]

3.6.4

manual control

control of an operation by human intervention

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-04]

3.6.5

automatic control

control of an operation without human intervention, in response to the occurrence of predetermined conditions

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-05]

3.6.6

local control

control of an operation at a point on or adjacent to the controlled switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-06]

3.6.7

remote control

control of an operation at a point distant from the controlled switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-07]

3.6.8

closing operation

<of a mechanical switching device> operation by which the device is brought from the open position to the closed position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-08]

3.6.9

opening operation

<of a mechanical switching device> operation by which the device is brought from the closed position to the open position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-09]

3.6.10

positive opening operation

<of a mechanical switching device> opening operation which, in accordance with specified requirements, ensures that all the main contacts are in the open position when the actuator is in the position corresponding to the open position of the device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-11]

3.6.11

positively driven operation

operation which, in accordance with specified requirements, is designed to ensure that auxiliary contacts of a mechanical switching device are in the respective positions corresponding to the open or closed position of the main contacts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-12]

3.6.12

dependent manual operation

<of a mechanical switching device> operation solely by means of directly applied manual energy such that the speed and force of the operation are dependent upon the action of the operator

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-13]

3.6.13

dependent power operation

<of a mechanical switching device> operation by means of energy other than manual, where the completion of the operation is dependent upon the continuity of the power supply (to solenoids, electric or pneumatic motors, etc.)

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-14]

3.6.14

stored energy operation

<of a mechanical switching device> operation by means of energy stored in the mechanism itself prior to the completion of the operation and sufficient to complete it under predetermined conditions

Note 1 to entry: This kind of operation can be subdivided according to:

- 1) the manner of storing the energy (spring, weight, etc.);
- 2) the origin of the energy (manual, electric, etc.);
- 3) the manner of releasing the energy (manual, electric, etc.).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-15, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.6.15

independent manual operation

<of a mechanical switching device> stored energy operation where the energy originates from manual power, stored and released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-16]

3.6.16

independent power operation

<of a mechanical switching device> stored energy operation where the stored energy originates from an external power source and is released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

3.6.17

actuating force

force applied to an actuator necessary to complete the intended operation

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-17]

3.6.18

restoring force

force provided to restore an actuator or a contact element to its initial position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-19]

3.6.19

travel

<of a mechanical switching device or a part thereof> displacement (translation or rotation) of a point on a moving element

Note 1 to entry: Distinction can be made between pre-travel, over-travel, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-21 – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.6.20

closed position

<of a mechanical switching device> position in which the predetermined continuity of the main circuit of the device is secured

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-22]

3.6.21

open position

<of a mechanical switching device> position in which the predetermined dielectric withstand voltage requirements are satisfied between open contacts in the main circuit of the device

3.6.22

tripped position

position of the switching device following a tripping operation

3.6.23

tripping (operation)

opening operation of a mechanical switching device initiated by a relay or release

3.6.24

trip-free mechanical switching device

mechanical switching device, the moving contacts of which return to and remain in the open position when the opening (i.e. tripping) operation is initiated after the initiation of the closing operation, even if the closing command is maintained

Note 1 to entry: To ensure proper breaking of the current which can have been established, it may be necessary that the contacts momentarily reach the closed position.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-31, modified – Addition of "(i.e. tripping)" since the opening operation of a trip-free mechanical switching device is automatically controlled, in Note 1 to entry, "may" changed to "can"]

3.6.25

instantaneous relay or release

relay or release which operates without any intentional time-delay

3.6.26

overcurrent relay or release

relay or release which causes a mechanical switching device to open with or without time-delay when the current in the relay or release exceeds a predetermined value

Note 1 to entry: This value can in some cases depend upon the rate-of-rise of current.

3.6.27

definite time-delay overcurrent relay or release

overcurrent relay or release which operates with a definite time-delay which may be adjustable, but is independent of the value of the overcurrent

3.6.28

inverse time-delay overcurrent relay or release

overcurrent relay or release which operates after a time-delay inversely dependent upon the value of the overcurrent

Note 1 to entry: Such a relay or release can be designed so that the time-delay approaches a definite minimum value for high values of overcurrent.

3.6.29**direct overcurrent relay or release**

overcurrent relay or release directly energized by the current in the main circuit of a switching device

3.6.30**indirect overcurrent relay or release**

overcurrent relay or release energized by the current in the main circuit of a switching device through a current transformer or a shunt

3.6.31**overload relay or release**

overcurrent relay or release intended for protection against overloads

3.6.32**thermal overload relay or release**

inverse time-delay overload relay or release depending for its operation (including its time-delay) on the thermal action of the current flowing in the relay or release

3.6.33**magnetic overload relay or release**

overload relay or release depending for its operation on the force exerted by the current in the main circuit exciting the coil of an electromagnet

Note 1 to entry: Such a relay or release usually has an inverse time-delay/current characteristic.

3.6.34**shunt release**

release energized by a source of voltage

Note 1 to entry: The source of voltage can be independent of the voltage of the main circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-41, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.6.35**under-voltage relay or release**

relay or release which permits a mechanical switching device to open or close, with or without time-delay, when the voltage across the terminals of the relay or release falls below a predetermined value

3.6.36**reverse current relay or release (direct current only)**

relay or release which permits a mechanical switching device to open, with or without time-delay, when the current flows in the reverse direction and exceeds a predetermined value

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-43, modified – “shunt release” replaced by “relay or release”.]

3.6.37**operating current**

<of an overcurrent relay or release> value of current at and above which the relay or release will operate

3.6.38**current-setting**

<of an overcurrent or overload relay or release> value of current of the main circuit to which the operating characteristics of the relay or release are referred and for which the relay or release is set

Note 1 to entry: A relay or release can have more than one current setting, provided by an adjustment dial, interchangeable heaters, etc.

3.6.39

current setting range

<of an overcurrent or overload relay or release> range between the minimum and maximum values over which the current setting of the relay or release can be adjusted

3.7 Characteristic quantities

3.7.1

nominal value

value of a quantity used to designate and identify a component, device, equipment, or system

Note 1 to entry: The nominal value is generally a rounded value.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-09]

3.7.2

limiting value

in a specification of a component, device, equipment, or system, the greatest or smallest admissible value of a quantity

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-10]

3.7.3

rated value

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.7.4

rating

set of rated values and operating conditions

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-11]

3.7.5

prospective current

<of a circuit and with respect to a switching device or a fuse> current that would flow in the circuit if each pole of the switching device or the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

Note 1 to entry: The method to be used to evaluate and to express the prospective current is to be specified in the relevant product standard.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-01, modified – In the Note 1 to entry, “relevant publications” is replaced by “relevant product standard”.]

3.7.6

prospective peak current

peak value of a prospective current during the transient period following initiation

Note 1 to entry: The definition assumes that the current is made by an ideal switching device, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, e.g. polyphase circuits, it further assumes that the current is made simultaneously in all poles, even if only the current in one pole is considered.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-02]

3.7.7

prospective symmetrical current

<of an AC circuit> prospective current when it is initiated at such an instant that no transient phenomenon follows the initiation

Note 1 to entry: For polyphase circuits the condition of non-transient period can only be satisfied for the current in one pole at a time.

Note 2 to entry: The prospective symmetrical current is expressed by its RMS value.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-03, modified – In the Note 2 to entry, “RMS value” instead of “RMS”.]

3.7.8

maximum prospective peak current

<of an AC circuit> prospective peak current when initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

Note 1 to entry: For a multipole device in a polyphase circuit, the maximum prospective peak current refers to one pole only.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-04, modified – In the Note 1 to entry, “to a single pole only” replaced by “to one pole only”.]

3.7.9

prospective making current

<for a pole of a switching device> prospective current when initiated under specified conditions

Note 1 to entry: The specified conditions can relate to the method of initiation, e.g. by an ideal switching device, or to the instant of initiation, e.g., leading to the maximum prospective peak current in an AC circuit, or to the highest rate of rise. The specification of these conditions is given in the relevant product standard.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-05, modified – In the Note 1 to entry, “is found in the relevant publications” replaced by “is given in the relevant product standard and “may” changed to “can”.]

3.7.10

prospective breaking current

<for a pole of a switching device or a fuse> prospective current evaluated at a time corresponding to the instant of the initiation of the breaking process

Note 1 to entry: Specifications concerning the instant of the initiation of the breaking process are given in the relevant product standard. For mechanical switching devices or fuses, it is usually defined as the moment of initiation of the arc during the breaking process.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-06, modified – In the Note 1 to entry, “are to be found in the relevant publications” replaced by “are given in the relevant product standard”.]

3.7.11

breaking current

<of a switching device or a fuse> current in a pole of a switching device or in a fuse at the instant of initiation of the arc during a breaking process

Note 1 to entry: For alternating current, the current is expressed as the symmetrical RMS value of the AC component.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-07, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.7.12**breaking capacity**

<of a switching device or a fuse> value of prospective breaking current that a switching device or a fuse is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

Note 1 to entry: The voltage to be stated and the conditions to be prescribed are dealt with in the relevant product standard.

Note 2 to entry: For alternating current, the current is expressed as the symmetrical RMS value of the AC component.

Note 3 to entry: For short-circuit breaking capacity, see 3.7.14.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-08, modified – In the Note 1 to entry, “the relevant publications” has been replaced by “the relevant product standard”, the Note 2 to entry has been modified and the Note 3 to entry has been added.]

3.7.13**making capacity**

<of a switching device> value of prospective making current that a switching device is capable of making at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

Note 1 to entry: The voltage to be stated and the conditions to be prescribed are dealt with in the relevant product standard.

Note 2 to entry: For short-circuit making capacity, see 3.7.15.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-09, modified – In the title, reference to “a fuse” deleted, in the Note 1 to entry, “the relevant publications” has been replaced by “the relevant product standard” and addition of the Note 2 to entry.]

3.7.14**short-circuit breaking capacity**

breaking capacity for which prescribed conditions include a short-circuit at the terminals of the switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-11]

3.7.15**short-circuit making capacity**

making capacity for which prescribed conditions include a short-circuit at the terminals of the switching device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-10]

3.7.16**critical load current**

I_{crit}

value of breaking current, within the range of service conditions, at which the arcing time is significantly extended

Note 1 to entry: This phenomenon, crucial for direct currents (e.g. photovoltaic (PV) applications), is due to the low magnetic field coming from the arc current, creating a slow moving arc.

3.7.17**critical short-circuit current**

value of breaking current, less than the rated short-circuit breaking capacity, at which the arc energy is significantly higher than at the rated short-circuit breaking capacity

3.7.18 **I^2t** **let-through energy****Joule integral**

integral of the square of the current over a given time interval

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-23, modified – Notes to entry 1, 2 and 3 have been deleted, “let-through energy” added as second preferred term.]

3.7.19**cut-off current****let-through current**

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a switching device or a fuse

Note 1 to entry: This concept is of particular importance when the switching device or the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-12]

3.7.20**time-current characteristic**

curve giving the time, e.g. pre-arcing time or operating time, as a function of the prospective current, under stated conditions of operation

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-13]

3.7.21**cut-off (current) characteristic****let-through (current) characteristic**

curve giving the cut-off current as a function of the prospective current, under stated conditions of operation

Note 1 to entry: In the case of alternating current, the values of the cut-off currents are the maximum values which can be reached whatever the degree of asymmetry. In the case of direct current, the values of the cut-off currents are the maximum values reached related to the time constant as specified.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-14]

3.7.22**overcurrent protective co-ordination of overcurrent protective devices**

co-ordination of two or more overcurrent protective devices in series to ensure overcurrent selectivity and/or back-up protection

3.7.23.1**overcurrent selectivity**

co-ordination of the operating characteristics of two or more overcurrent protective devices such that, on the incidence of overcurrents within stated limits, the device intended to operate within these limits does so, while the other(s) does (do) not

Note 1 to entry: Distinction is made between series selectivity involving different overcurrent protective devices passing substantially the same overcurrent and network selectivity involving identical protective devices passing different proportions of the overcurrent.

3.7.23.2**over-current total selectivity**

over-current selectivity where, in the presence of two over-current protective devices in series, the protective device on the load side effects the protection without causing the other protective device to operate

3.7.23.3**over-current partial selectivity**

over-current selectivity where, in the presence of two over-current protective devices in series, the protective device on the load side effects the protection up to a given level of over-current, without causing the other protective device to operate

3.7.24**back-up protection**

overcurrent co-ordination of two overcurrent protective devices in series where the protective device, generally but not necessarily on the supply side, effects the overcurrent protection with or without the assistance of the other protective device and prevents any excessive stress on the latter

3.7.25**take-over current**

current co-ordinate of the intersection between the maximum break time-current characteristics of two overcurrent protective devices in series

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-16, modified – Addition of "maximum break" and of "in series".]

3.7.26**short-time delay**

any intentional delay in operation within the limits of the rated short-time withstand current

3.7.27**short-time withstand current**

current that a circuit or a switching device in the closed position can carry during a specified short time under prescribed conditions of use and behaviour

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-17]

3.7.28**peak withstand current**

value of peak current that a circuit or a switching device in the closed position can withstand under prescribed conditions of use and behaviour

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-18]

3.7.29**conditional short-circuit current**

<of a circuit or a switching device> prospective current that a circuit or a switching device, protected by a specified short-circuit protective device, can satisfactorily withstand for the total operating time of that device under specified conditions of use and behaviour

Note 1 to entry: For the purpose of this document, the short-circuit protective device is generally a circuit-breaker or a fuse.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-20, modified – "current-limiting device" replaced by "short-circuit protective device", "total" added before "operating time", Note 1 to entry added.]

3.7.30**conventional non-tripping current**

<of an overcurrent relay or release> specified value of current which the relay or release can carry for a specified time (conventional time) without operating

3.7.31**conventional tripping current**

<of an overcurrent relay or release> specified value of current which causes the relay or release to operate within a specified time (conventional time)

3.7.32**applied voltage**

<for a switching device> voltage which exists across the terminals of a pole of a switching device just before the making of the current

Note 1 to entry: This definition applies to a single-pole device. For a multipole device, it is the phase-to-phase voltage across the supply terminals of the device.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-24, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.7.33**recovery voltage**

voltage which appears across the terminals of a pole of a switching device or a fuse after the breaking of the current

Note 1 to entry: This voltage can be considered in two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which the power-frequency voltage or the steady-state recovery voltage alone exists.

Note 2 to entry: This definition applies to a single-pole device. For a multipole device, it is the phase-to-phase voltage across the supply terminals of the device.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-25, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”, and Note 2 to entry added.]

3.7.34**transient recovery voltage****TRV**

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

Note 1 to entry: The transient recovery voltage can be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit, the switching device or the fuse. It includes the voltage shift of the neutral of a polyphase circuit.

Note 2 to entry: The transient recovery voltage in three-phase circuits is, unless otherwise stated, that across the first pole to clear, because this voltage is generally higher than that which appears across each of the other two poles.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-26, modified – In Note 1 to entry, “may” changed to “can”.]

3.7.35**power-frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-27]

3.7.36**DC steady-state recovery voltage**

recovery voltage in a DC circuit after the transient voltage phenomena have subsided, expressed by the mean value where ripple is present

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-28]

3.7.37

prospective transient recovery voltage

<of a circuit> transient recovery voltage following the breaking of the prospective symmetrical current by an ideal switching device

Note 1 to entry: The definition assumes that the switching device or the fuse, for which the prospective transient recovery voltage is sought, is replaced by an ideal switching device, i.e. having instantaneous transition from zero to infinite impedance at the very instant of zero current, i.e. at the "natural" zero. For circuits where the current can follow several different paths, e.g. a polyphase circuit, the definition further assumes that the breaking of the current by the ideal switching device takes place only in the pole considered.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-29]

3.7.38

peak arc voltage

<of a mechanical switching device> maximum instantaneous value of voltage which, under prescribed conditions, appears across the terminals of a pole of a switching device during the arcing time

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-30]

3.7.39

opening time

<of a mechanical switching device> interval of time between the specified instant of initiation of the opening operation and the instant when the arcing contacts have separated in all poles

Note 1 to entry: The instant of initiation of the opening operation, i.e. the application of the opening command (e.g. energizing the release, etc.), is given in the relevant product standard.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-36, modified – In the Note 1 to entry, "in the relevant product standard" instead of "in the relevant specification".]

3.7.40

arcing time

<of a pole or a fuse> interval of time between the instant of the initiation of the arc in a pole or a fuse and the instant of final arc extinction in that pole or that fuse

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-37]

3.7.41

arcing time

<of a multipole switching device> interval of time between the instant of the first initiation of an arc and the instant of final arc extinction in all poles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-38]

3.7.42

break time

interval of time between the beginning of the opening time of a mechanical switching device (or the pre-arcing time of a fuse) and the end of the arcing time

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-39]

3.7.43

make time

interval of time between the initiation of the closing operation and the instant when the current begins to flow in the main circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-40]

3.7.44

closing time

interval of time between the initiation of the closing operation and the instant when the contacts touch in all poles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-41]

3.7.45

make-break time

interval of time between the instant when the current begins to flow in a pole and the instant of final arc extinction in all poles, with the opening release energized at the instant when current begins to flow in the main circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-43]

3.7.46

clearance

distance between two conductive parts, along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-31]

3.7.47

clearance between poles

clearance between any conductive parts of adjacent poles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-32]

3.7.48

clearance to earth

clearance between any conductive parts and any parts which are earthed or intended to be earthed

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-33]

3.7.49

clearance between open contacts

total clearance between the contacts, or any conductive parts connected thereto, of a pole of a mechanical switching device in the open position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-34]

3.7.50

leakage current

current flowing from the live parts of the equipment to earth or over the open contacts during the isolation test in the absence of an insulation fault

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-24, modified – Term without “earth” and, in the term definition, “equipment” instead of “installation” and addition of “or over the open contacts during the isolation test”.]

3.7.51

creepage distance

shortest distance along the surface of an insulating material between two conductive parts

Note 1 to entry: A joint between two pieces of insulating material is considered part of the surface.

3.7.52

working voltage

highest RMS value of the AC or DC voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is supplied at rated voltage

Note 1 to entry: Transients are disregarded.

Note 2 to entry: Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

3.7.53

temporary overvoltage

power frequency overvoltage of relatively long duration

Note 1 to entry: A temporary overvoltage is undamped or weakly damped. In some cases, its frequency may be several times smaller or greater than power frequency.

3.7.54

impulse withstand voltage

highest peak impulse voltage, of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown under specified conditions of test

3.7.55

power-frequency withstand voltage

RMS value of a power-frequency sinusoidal voltage which does not cause breakdown under specified conditions of test

Note 1 to entry: For DC withstand voltage, see 3.7.67.

3.7.56

pollution

any condition of foreign matter, solid, liquid or gaseous (ionized gases), that may affect dielectric strength or surface resistivity

3.7.57

pollution degree

<of environmental conditions> conventional number based on the amount of conductive or hygroscopic dust, ionized gas or salt and on the relative humidity and its frequency of occurrence, resulting in hygroscopic absorption or condensation of moisture leading to reduction in dielectric strength and/or surface resistivity

Note 1 to entry: The pollution degree to which equipment is exposed can be different from that of the macro-environment where the equipment is located because of protection offered by means such as an enclosure or internal heating to prevent absorption or condensation of moisture.

Note 2 to entry: For the purpose of this document, the pollution degree is that of the micro-environment.

3.7.58

micro-environment

<of a clearance or creepage distance> set of ambient conditions surrounding the clearance or creepage distance that are being considered

Note 1 to entry: The micro-environment of the creepage distance or clearance and not the environment of the equipment determines the effect on the insulation. The micro-environment might be better or worse than the environment of the equipment. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic and electromagnetic conditions, generation of pollution, etc.

3.7.59

overvoltage category

<of a circuit or within an electrical system> conventional number based on limiting (or controlling) the values of prospective transient overvoltages occurring in a circuit (or within an

electrical system having different nominal voltages) and depending upon the means employed to influence the overvoltages

Note 1 to entry: In an electrical system, the transition from one overvoltage category to another of lower category is obtained through appropriate means complying with interface requirements, such as an overvoltage protective device or a series-shunt impedance arrangement capable of dissipating, absorbing, or diverting the energy in the associated surge current, to lower the transient overvoltage value to that of the desired lower overvoltage category.

3.7.60

co-ordination of insulation

correlation of insulating characteristics of electrical equipment with the expected overvoltages and the characteristics of overvoltage protective devices on the one hand, and with the expected micro-environment and the pollution protective means on the other hand

3.7.61

homogeneous field

electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes, such as that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance between them

3.7.62

inhomogeneous field

electric field which has not an essentially constant voltage gradient between electrodes

3.7.63

tracking

progressive formation of conducting paths which are produced on the surface of a solid insulating material, due to the combined effects of electric stress and electrolytic contamination on this surface

3.7.64

comparative tracking index

CTI

numerical value of the maximum voltage in volts which a material can withstand without tracking and without a persistent flame occurring under specified test conditions

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-59]

3.7.65

rated control circuit voltage

U_c

rated voltage which is controlling the input signal of the control device

3.7.66

rated control circuit supply voltage

U_s

rated voltage applied to energize the power supply terminals of the control circuit

3.7.67

DC withstand voltage

arithmetic mean value of a DC voltage which does not cause breakdown under specified conditions of test

3.7.68

selectivity limit current

I_s

current co-ordinate of the intersection between the total time-current characteristic of the protective device on the load side and the pre-arcing (for fuses), or tripping (for circuit-breakers) time-current characteristic of the other protective device

Note 1 to entry: The selectivity limit current (see Figure X.1) is a limiting value of current:

- below which, in the presence of two over-current protective devices in series, the protective device on the load side completes its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is ensured);
- above which, in the presence of two over-current protective devices in series, the protective device on the load side cannot complete its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is not ensured).

3.8 Tests

3.8.1

type test

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

3.8.2

routine test

test to which each individual device is subjected during and/or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

3.8.3

sampling test

test on a number of devices taken at random from a batch

3.8.4

special test

test, additional to type tests and routine tests, made either at the discretion of the manufacturer or according to an agreement between manufacturer and user

3.9 Ports

3.9.1

port

particular interface of the specified apparatus with the external electromagnetic environment

3.9.2

signal port

port at which a conductor or cable carrying information for transferring data is connected to the apparatus

Note 1 to entry: Examples are data buses, communication networks, control networks.

3.9.3

power port

control supply port

port at which a conductor or cable carrying the primary electrical power needed for the operation (functioning) of an apparatus or associated apparatus is connected to the apparatus

3.10 Symbols and references clauses for characteristics described in this document

I_{the} Conventional enclosed thermal current (5.3.2.2)

I_{th} Conventional free air thermal current (5.3.2.1)

Eight-hour duty (5.3.4.1)

Intermittent duty (5.3.4.3)

Periodic duty (5.3.4.5)

Z Pole impedance of the switching device (5.3.7)

Rated breaking capacity (5.3.5.3)

I_q or I_{cc} Rated conditional short-circuit current (5.3.6.4)

U_c Rated control circuit voltage (3.7.65)

U_s	Rated control circuit supply voltage (3.7.66)
I_n	Rated current (rating defined in relevant product standard)
	Rated frequency (5.3.3)
U_{imp}	Rated impulse withstand voltage (5.3.1.3)
U_i	Rated insulation voltage (5.3.1.2)
	Rated making capacity (5.3.5.2)
I_e	Rated operational current (5.3.2.3)
	Rated operational power (5.3.2.3)
U_e	Rated operational voltage (5.3.1.1)
U_{ir}	Rated rotor insulation voltage (rating defined in relevant product standard)
I_{er}	Rated rotor operational current (rating defined in relevant product standard)
U_{er}	Rated rotor operational voltage (rating defined in relevant product standard)
I_{cs}	Rated service short-circuit breaking capacity (rating defined in relevant product standard)
I_{cn}	Rated short-circuit breaking capacity (5.3.6.3)
I_{cm}	Rated short-circuit making capacity (5.3.6.2)
I_{cw}	Rated short-time withstand current (5.3.6.1)
	Rated starting voltage of an autotransformer starter (rating defined in relevant product standard)
U_{is}	Rated stator insulation voltage (rating defined in relevant product standard)
I_{es}	Rated stator operational current (rating defined in relevant product standard)
U_{es}	Rated stator operational voltage (rating defined in relevant product standard)
I_{cu}	Rated ultimate short-circuit breaking capacity (rating defined in relevant product standard)
I_u	Rated uninterrupted current (5.3.2.4)
I_{thr}	Rotor thermal current (rating defined in relevant product standard)
I_{ths}	Stator thermal current (rating defined in relevant product standard)
I_B	Take-over current (X.3.2)
	Temporary duty (5.3.4.4)
	Uninterrupted duty (5.3.4.2)
	Utilization category (5.4)

4 Classification

This clause is intended for product standards only, to group the equipment into different classes. The differentiation between the classes shall be established based on their characteristics.

NOTE A list of items subject to agreement between manufacturer and user can be found in Annex J.

5 Characteristics

5.1 Summary of the characteristics

3.10 provides alphabetical list of characteristics (whether rated or not) and symbols.

NOTE The list of 3.10 is not exhaustive.

The characteristics of an equipment shall be stated in the relevant product standard in respect of the following, where applicable:

- type of equipment (5.2);
- rated and limiting values for the main circuit (5.3);
- utilization category (5.4);
- control circuits (5.5);
- auxiliary circuits (5.6);
- relay and releases (5.7);
- co-ordination with short-circuit protective devices (5.8).

Ratings are assigned by the manufacturer. They shall be stated in accordance with 5.3.1 to 5.3.6 as required by the relevant product standard, but it is not necessary to establish all the ratings listed.

5.2 Type of equipment

The product standard shall state the following, where applicable:

- kind of equipment;
- number of poles;
- kind of current;
- interrupting medium;
- operating conditions (method of operation, method of control, etc.).

NOTE The above list is not exhaustive.

5.3 Rated and limiting values for the main circuit

5.3.1 Rated voltages

5.3.1.1 Rated operational voltage (U_e)

A rated operational voltage of an equipment is a voltage which, combined with a rated operational current, determines the application of the equipment and to which the relevant tests and the utilization categories are referred.

For single-pole equipment, the rated operational voltage is generally stated as the voltage across the pole.

For multipole equipment, it is generally stated as the voltage between phases.

For certain devices and particular applications, a different method of stating U_e may apply. If a different method applies, it should be stated in the relevant product standard.

For multipole equipment for use on polyphase circuits a distinction may be made between:

- a) equipment for use on systems where a single fault to earth will not cause the full phase-to-phase voltage to appear across a pole;
 - neutral earthed systems;
 - unearthed and impedance earthed systems.
- b) equipment for use on systems where a single fault to earth will cause the full phase-to-phase voltage to appear across a pole (i.e. phase earthed systems).

An equipment may be assigned a number of combinations of rated operational voltages and rated operational currents or powers for different duties and utilization categories.

An equipment may be assigned a number of rated operational voltages and associated making and breaking capacities for different duties and utilization categories.

NOTE 1 Attention is drawn to the fact that the operational voltage can differ from the working voltage (see 3.7.52) within an equipment.

It shall be indicated for which 3 phase system the rated operational voltage is valid, according to IEC 60038, e.g. 230/400 V or 400 V (50 Hz), 277 V/480 V or 480 V (60 Hz), as applicable. The lower values are voltages to neutral and the higher values are voltages between phases. When one value only is indicated, it refers to three-wire systems and specifies the voltage between phases.

NOTE 2 Certain types of equipment can have more than one rated voltage or a rated voltage range.

5.3.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an equipment is the voltage to which dielectric tests and creepage distances are referred.

In no case shall the maximum value of the rated operational voltage exceed that of the rated insulation voltage.

NOTE For equipment not having a specified rated insulation voltage, the highest value of the rated operational voltage is considered to be the rated insulation voltage.

5.3.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The peak impulse voltage of prescribed form and polarity which the equipment is capable of withstanding without failure under specified conditions of test and to which the values of the clearances are referred.

The rated impulse withstand voltage of an equipment shall be equal to or higher than the values stated for the transient overvoltages occurring in the circuit in which the equipment is fitted.

NOTE Preferred values of rated impulse withstand voltage are given in Table 12.

5.3.2 Currents

5.3.2.1 Conventional free air thermal current (I_{th})

The conventional free air thermal current is the maximum test current to be used for temperature-rise tests of unenclosed equipment in free air (see 9.3.3.3).

The value of the conventional free air thermal current shall be at least equal to the maximum value of the rated operational current (see 5.3.2.3) of the unenclosed equipment in eight-hour duty (see 5.3.4.1).

Free air is understood to be air under normal indoor conditions reasonably free from draughts and external radiation.

NOTE 1 This current is not a rating and is not mandatorily marked on the equipment.

NOTE 2 An unenclosed equipment is an equipment supplied by the manufacturer without an enclosure or an equipment supplied by the manufacturer with an integral enclosure which is not normally intended to be the sole equipment protective enclosure.

5.3.2.2 Conventional enclosed thermal current (I_{the})

The conventional enclosed thermal current is the current stated by the manufacturer to be used for the temperature-rise tests of the equipment when mounted in a specified enclosure.

Such tests shall be in accordance with 9.3.3.3 and are mandatory if the equipment is described as enclosed equipment in the manufacturer's catalogues and normally intended for use with one or more enclosures of specified type and size (see below).

The value of the conventional enclosed thermal current shall be at least equal to the maximum value of the rated operational current (see 5.3.2.3) of the enclosed equipment in eight-hour duty (see 5.3.4.1).

If the equipment is normally intended for use in unspecified enclosures, the test is not mandatory if the test for conventional free air thermal current (I_{th}) has been made. In this case, the manufacturer shall be prepared to give guidance on the value of enclosed thermal current or the derating factor (see Note 1).

NOTE 1 Guidance can be in the form of a publication of the maximum rated current at a specified local ambient (surrounding, in the immediate vicinity of the device) air temperature (example 1: AC-1 $I_e = 45$ A at 40 °C local ambient air, AC-1 $I_e = 40$ A at 60 °C local ambient air – example 2: $I_{th} = 200$ A at 40 °C local ambient air, $I_{th} = 150$ A at 60 °C local ambient air). By publishing such values, the manufacturer informs the user of the limits of application of the product independently of the size or the type of the enclosure.

NOTE 2 This current is not a rating and is not mandatorily marked on the equipment.

The conventional enclosed thermal current value may be for unventilated equipment, in which case the enclosure used for the test shall be of the size stated by the manufacturer, being the smallest that is applicable in service. Alternatively, the value may be for a ventilated equipment according to the manufacturer's data.

5.3.2.3 Rated operational current (I_e) or rated operational power

A rated operational current of an equipment is stated by the manufacturer and takes into account the rated operational voltage (see 5.3.1.1), the rated frequency (see 5.3.3), the rated duty (see 5.3.4), the utilization category (see 5.4) and the type of protective enclosure, if appropriate.

In the case of equipment for direct switching of individual motors, the indication of a rated operational current may be replaced or supplemented by an indication of the maximum rated power output, at the rated operational voltage considered, of the motor for which the equipment is intended. The manufacturer shall be prepared to state the relationship assumed between the operational current and the operational power, if any.

5.3.2.4 Rated uninterrupted current (I_u)

The rated uninterrupted current of an equipment is the current, stated by the manufacturer, which the equipment can carry in uninterrupted duty (see 5.3.4.2).

5.3.3 Rated frequency

The supply frequency for which an equipment is designed and to which the other characteristic values correspond.

The same equipment may be assigned a number or a range of rated frequencies or be rated for both alternating current and direct current.

5.3.4 Rated duties

5.3.4.1 Eight-hour duty

A duty in which the main contacts of an equipment remain closed, whilst carrying a steady current long enough for the equipment to reach thermal equilibrium but not for more than eight hours without interruption.

NOTE 1 This is the basic duty on which the conventional thermal currents I_{th} and I_{the} of the equipment are determined.

NOTE 2 Interruption means breaking of the current by operation of the equipment.

5.3.4.2 Uninterrupted duty

A duty without any off-load period in which the main contacts of an equipment remain closed, whilst carrying a steady current without interruption for periods of more than eight hours (weeks, months, or even years).

NOTE This kind of service is set apart from the eight-hour duty because oxides and dirt can accumulate on the contacts and lead to progressive heating. Uninterrupted duty can be taken account of either by a derating factor, or by special design considerations (e.g. silver contacts).

5.3.4.3 Intermittent periodic duty or intermittent duty

A duty with on-load periods, in which the main contacts of an equipment remain closed, having a definite relation to off-load periods, both periods being too short to allow the equipment to reach thermal equilibrium.

Intermittent duty is characterized by the value of the current, the duration of the current flow and by the on-load factor which is the ratio of the in-service period to the entire period, often expressed as a percentage.

Standardized values of the on-load factor are 15 %, 25 %, 40 % and 60 %.

According to the number of operating cycles which they shall be capable of carrying out per hour, equipments are divided into the following classes:

- class 1: 1 operating cycle per hour;
- class 3: 3 operating cycles per hour;
- class 12: 12 operating cycles per hour;
- class 30: 30 operating cycles per hour;
- class 120: 120 operating cycles per hour;
- class 300: 300 operating cycles per hour;
- class 1 200: 1 200 operating cycles per hour;
- class 3 000: 3 000 operating cycles per hour;
- class 12 000: 12 000 operating cycles per hour;
- class 30 000: 30 000 operating cycles per hour;
- class 120 000: 120 000 operating cycles per hour;
- class 300 000: 300 000 operating cycles per hour.

For intermittent duty with a large number of operating cycles per hour, the manufacturer shall indicate, either in terms of the true cycle if this is known, or in terms of conventional cycles designated by him, the values of the rated operational currents which shall be such that:

$$\int_0^T i^2 dt \leq I_{th}^2 \times T \quad \text{or} \quad I_{the}^2 \times T$$

whichever is applicable

where T is the total operating cycle time.

NOTE The above formula does not take account of the switching arc energy.

A switching device intended for intermittent duty may be designated by the characteristics of the intermittent duty.

EXAMPLE: An intermittent duty comprising a current of 100 A for 2 min in every 5 min can be stated as 100 A, class 12, 40 %.

5.3.4.4 Temporary duty

Duty in which the main contacts of an equipment remain closed for periods insufficient to allow the equipment to reach thermal equilibrium, the unload periods being separated by off-load periods of sufficient duration to restore equality of temperature with the cooling medium.

Standardized values of temporary duty are 3 min, 10 min, 30 min, 60 min and 90 min, with contacts closed.

5.3.4.5 Periodic duty

A type of duty in which operation, whether at constant or variable load, is regularly repeated.

5.3.5 Characteristics under normal load and overload conditions (see 8.2.4)

5.3.5.1 Ability to withstand motor switching overload currents

An equipment intended for switching motors shall be capable of withstanding the thermal stresses due to starting and accelerating a motor to normal speed and due to operating overloads.

The detailed requirements to meet these conditions are given in the relevant product standard.

NOTE Where applicable, the utilization categories referred to in 5.4 can include requirements in respect of performance under overload conditions.

5.3.5.2 Rated making capacity

The rated making capacity of an equipment is the current, stated by the manufacturer, which the equipment can satisfactorily make under specified conditions.

The making conditions which shall be specified are:

- the applied voltage (see 3.7.32);
- the characteristics of the test circuit.

The rated making capacity is stated by reference to the rated operational voltage and rated operational current, according to the relevant product standard.

NOTE 1 Where applicable, the relevant product standard states the relationship between rated making capacity and utilization category.

For alternating current, the rated making capacity is expressed by the RMS value of the symmetrical component of the current, assumed to be constant.

NOTE 2 For alternating current, the peak value of the current during the first half-cycle following the closing of the main contacts of the equipment can be appreciably greater than the peak value of the current under steady-state conditions used in the determination of making capacity, depending on the power-factor of the circuit and the instant on the voltage wave when closing occurs.

An equipment is assumed to be capable of closing on a current having the AC component equal to that which defines its rated making capacity, whatever the value of the inherent DC component, within the limits resulting from the power-factors indicated in the relevant product standard.

5.3.5.3 Rated breaking capacity

The rated breaking capacity of all equipment is the current, stated by the manufacturer, which the equipment can satisfactorily break, under specified conditions.

The breaking conditions which shall be specified are:

- the characteristics of the test circuit;
- the power-frequency recovery voltage.

The rated breaking capacity is stated by reference to the rated operational voltage and rated operational current, according to the relevant product standard.

An equipment shall be capable of breaking any value of current up to and including its rated breaking capacity.

NOTE 1 A switching device can have more than one rated breaking capacity, each corresponding to an operational voltage and a utilization category.

For alternating current, the rated breaking capacity is expressed by the RMS value of the symmetrical component of the current.

NOTE 2 Where applicable, the relevant product standard states the relationship between rated breaking capacity and utilization category.

5.3.6 Short-circuit characteristics

5.3.6.1 Rated short-time withstand current (I_{cw})

The rated short-time withstand current of an equipment is the short-time current, assigned to the equipment by the manufacturer, that the equipment can carry without damage, under the test conditions specified in the relevant product standard.

5.3.6.2 Rated short-circuit making capacity (I_{cm})

The rated short-circuit making capacity of an equipment is the short-circuit making capacity assigned to that equipment by the manufacturer for the rated operational voltage, at rated frequency, and at a specified power-factor for alternating current or time constant for direct current. It is expressed as the maximum prospective peak current, under prescribed conditions.

5.3.6.3 Rated short-circuit breaking capacity (I_{cn})

The rated short-circuit breaking capacity of an equipment is the short-circuit breaking capacity assigned to that equipment by the manufacturer for the rated operational voltage, at rated frequency, and at a specified power-factor for alternating current or time constant for direct current. It is expressed as the value of the prospective breaking current (RMS value of the AC component in the case of alternating current), under prescribed conditions.

5.3.6.4 Rated conditional short-circuit current (I_q , alternatively I_{cc})

The rated conditional short-circuit current of an equipment is the prospective current, stated by the manufacturer, which the equipment, protected by a short-circuit protective device specified by the manufacturer, can withstand satisfactorily for the operating time of this device under the test conditions specified in the relevant product standard.

The details of the specified short-circuit protective device shall be stated by the manufacturer.

NOTE 1 For alternating current, the rated conditional short-circuit current is expressed by the RMS value of the AC component.

NOTE 2 The short-circuit protective device can either form an integral part of the equipment or be a separate unit.

NOTE 3 In line with customer practice I_q is used for starters and I_{cc} is used for switches and circuit-breakers.

NOTE 4 Rated conditional short-circuit current is called “high available fault current” in North America.

5.3.7 Pole impedance of the switching device (Z)

The pole impedance may be stated by the manufacturer and is determined by measuring the voltage drop resulting from the current flowing through the pole (see 8.2.6).

5.4 Utilization category

The utilization category of an equipment defines the intended application and shall be specified in the relevant product standard; it is characterized by one or more of the following service conditions:

- current(s), expressed as multiple(s) of the rated operational current;
- voltage(s), expressed as multiple(s) of the rated operational voltage;
- power-factor or time-constant;
- short-circuit performance;
- selectivity;
- other service conditions, as applicable.

Examples of utilization categories for low-voltage switchgear and controlgear are given in Annex A.

5.5 Control circuits

5.5.1 Electrically or electronically controlled circuits

Characteristics of electrical and electronic control circuits:

- type of current;
- rated frequency or direct current;
- rated control circuit voltage U_c (alternating current, direct current);
- rated control circuit supply voltage U_s (alternating current, direct current), where applicable;
- power consumption.

NOTE Distinction is made between the rated control circuit voltage U_c and the rated control circuit supply voltage U_s which can be different from U_c due to the presence of built-in transformers, rectifiers, resistors, electronic circuitry, etc.

The correct operating conditions are based upon a value of the control circuit supply voltage not less than 85 % of its rated value U_s , with the highest value of control circuit current flowing, nor more than 110 % of its rated value.

The electronic part of an electronically controlled electromagnet may form an integral part or a separate part provided it is an intrinsic function of the device. In both cases, the device shall be tested with this electronic part mounted as in normal use.

Annex U gives examples and illustrations of different circuit configurations (see Figure U.1 to Figure U.5).

The ratings and characteristics of control circuit devices shall comply with the requirements of the relevant part of IEC 60947-5 (all parts).

5.5.2 Air-supply control circuits (pneumatic or electro-pneumatic)

The characteristics of air-supply control circuits are:

- rated pressure and its limits;
- volumes of air, at atmospheric pressure, required for each closing and each opening operation.

The rated supply pressure of a pneumatic or electro-pneumatic equipment is the air pressure on which the operating characteristics of the pneumatic control system are based.

5.6 Auxiliary circuits

The characteristics of auxiliary circuits are the number and kind of contacts (a-contact, b-contact, etc.) in each of these circuits and their ratings according to IEC 60947-5 (all parts).

The characteristics of auxiliary contacts and switches shall comply with the requirements of the above document.

5.7 Relays and releases

The following characteristics of relays and releases shall be stated in the relevant product standard, where applicable:

- type of relay or release;
- rated values;
- current setting or current setting range;
- time/current characteristics;
- influence of ambient air temperature;
- extended functions as given in Annex T.

5.8 Co-ordination with short-circuit protective devices (SCPD)

The manufacturer shall state the type or the characteristics of the SCPD to be used with or within the equipment, as the case may be, and the maximum prospective short-circuit current for which the equipment, including the SCPD, is suitable, at the stated operational voltage(s).

IEC TR 61912-1 gives guidance on co-ordination with SCPDs.

See Annex X for coordination of a circuit-breaker or a CPS and another SCPD.

6 Product information

6.1 Nature of information

The following information shall be given by the manufacturer, when required by the relevant product standard:

Identification:

- manufacturer's name or trademark;
- type designation or serial number;
- number of the relevant product standard, if the manufacturer claims compliance.

Characteristics:

- rated operational voltages (see 5.3.1.1 and the notes to 6.2);

- utilization category and rated operational currents (or rated powers or rated uninterrupted currents), at the rated operational voltages of the equipment (see 5.3.1.1, 5.3.2.3, 5.3.2.4 and 5.4). In certain cases, this information may have to be completed by the value of the reference ambient air temperature at which the equipment has been calibrated;
- the value of the rated frequency/frequencies, e.g.: 50 Hz, 50 Hz/60 Hz, and/or the indication "DC" or the symbol $\overline{\overline{\overline{\quad}}}$ (IEC 60417-5031 (2002-10));
- rated duty, with the indication of the class of intermittent duty, if any (see 5.3.4);
- rated making and/or breaking capacities. These indications may be replaced, where applicable, by the indication of the utilization category;
- rated insulation voltage (see 5.3.1.2);
- rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3);
- relay or release characteristics (see 5.7);
- rated short-time withstand current together with its duration, where applicable (see 5.3.6.1);
- rated short-circuit making and/or breaking capacities, where applicable (see 5.3.6.2 and 5.3.6.3);
- rated conditional short-circuit current, where applicable (see 5.3.6.4);
- IP code, in case of enclosed equipment (see Annex C);
- pollution degree (see 7.1.3.2);
- type and maximum ratings of short-circuit protective device, where applicable;
- for each relevant circuit, suitability for use with SELV/PELV circuit with the corresponding maximum rated operational voltage (see IEC 61140 and Annex N);
- rated control circuit voltage, kind of current and frequency;
- control circuit supply voltage, kind of current and frequency, if different from those of the control coil;
- rated supply pressure of the air-pressure and limits of pressure variations (for air-pressure controlled equipment);
- suitability for isolation;
- pole impedance of the switching device (Z);
- material declaration as per Annex W;
- length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal;
- maximum number of conductors which may be clamped.

For non-universal screwless terminals:

- "s" or "sol" for terminals declared for solid conductors;
- "r" for terminals declared for solid and stranded conductors;
- "f" for terminals declared for flexible conductors

In the case of electronically controlled electromagnets, other information may also be necessary, for example control circuit configuration (see 5.5 and Annex U).

6.2 Marking

All relevant information, as detailed in 6.1, which is to be marked on the equipment, shall be specified in the relevant product standard.

Markings shall be indelible and easily legible.

NOTE 1 Markings with ratings related to electrical supply are described in IEC 61293.

Marking of the manufacturer's name or trademark and type designation or serial number is mandatory on the equipment and preferably on the nameplate, if any, in order to permit the complete data to be obtained from the manufacturer.

NOTE 2 In the USA and Canada, the rated operational voltage U_e , can be marked as follows:

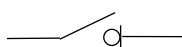
- a) on equipment for use on three-phase – four-wire systems, by both the value of phase-to-earth voltage and that of phase-to-phase voltage, e.g. 277 V/480 V;
- b) on equipment for use on three-phase – three-wire systems, by the value of phase-to-phase voltage, e.g. 480 V.

The following information shall also be marked and visible after mounting:

- direction of movement of the actuator (see 8.1.5.2), if applicable;
- indication of the position of the actuator (see also 8.1.6.1 and 8.1.6.2);
- for miniaturized equipment, symbol, colour code or letter code;
- terminal identification and marking, visibility only required when accessing the terminals (see 8.1.8.4);
- IP code, when applicable (marked preferably on the equipment, when practical);
- class of equipment, when applicable, in accordance with IEC 61140;
- suitability for isolation, where applicable, with the isolation function symbol according to IEC 60617-S00220 (2001-07), combined with the appropriate function symbol for the equipment, e.g.:



for a circuit-breaker suitable for isolation;



for a switch-disconnector.

This symbol shall be:

- clearly and unmistakably marked;
- visible when the equipment is installed as in service and the actuator is accessible.

This requirement applies whether the equipment is unenclosed, or enclosed according to 8.1.11.

This requirement also applies if the symbol is integrated into a wiring diagram and this diagram is the only marking indicating suitability for isolation.

In the case of electronically controlled electromagnets, information other than that given in 6.1 may also be necessary (see also 5.5 and Annex U).

The indication "s", "sol", "r" or "f" for non-universal screwless terminals shall be marked on the device or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information provided with the product.

In the case of a group of terminals located together, a single marking on the device is acceptable.

6.3 Instructions for installation, operation and maintenance, decommissioning and dismantling

The manufacturer shall specify in his documents or catalogues the conditions for installation, operation and maintenance, if any, of the equipment during operation and after a fault. The manufacturer shall also specify the measures to be taken with regard to EMC, if any.

For equipment only suitable in environment A (see 8.3.1) the manufacturer shall provide the following notice to potential customers, and with the product for users:

NOTICE

This product has been designed for environment A. Use of this product in environment B may cause unwanted electromagnetic disturbances in which case the user may be required to take adequate mitigation measures.

If necessary, the instructions for the transport, installation and operation of the equipment shall indicate the measures that are of particular importance for the proper and correct installation, commissioning and operation of the equipment.

Additional information for the decommissioning and dismantling of the equipment shall be made available to the user in case of foreseeable hazardous condition of the device, for example due to stored energy, instability or falling of objects, etc.

These documents shall indicate the recommended extent and frequency of maintenance, if any.

NOTE 1 All equipment covered by this document is not necessarily designed to be maintained.

For each relevant potential hazard, the manufacturer shall provide safety signs, graphical symbols or safety notes of the hazard, for example by using IEC 60417-5036 (2002-10). Signal words shall be defined according to ISO 3864-2.

NOTE 2 IEC/IEEE 82079-1 provide guidance for developing safety instructions.

6.4 Environmental information

Material declarations according to Annex W shall be provided if required by the relevant product standard.

NOTE Future publication IEC TS 63058 will give the method for assessing the environmental impact of switchgear and controlgear.

7 Normal service, mounting and transport conditions

7.1 Normal service conditions

7.1.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature does not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h does not exceed +35 °C.

The lower limit of the ambient air temperature is –5 °C.

Ambient air temperature is that existing in the vicinity of the equipment if supplied without enclosure, or in the vicinity of the enclosure if supplied with an enclosure.

Equipment intended to be used in ambient air temperature above +40 °C (e.g. in forges, boiler rooms, tropical countries) or below –5 °C (e.g. –25 °C, as required by IEC 61439 (all parts) for outdoor installed low-voltage switchgear and controlgear assemblies) shall be designed and used according to the relevant product standard or, where applicable, according to an agreement between manufacturer and user. Information given in the manufacturer's documentation may take the place of such an agreement.

NOTE Ambient air temperature(s) for certain types of equipment, e.g. circuit-breakers or overload relays for starters, is indicated in the relevant product standard.

7.1.2 Altitude

The altitude of the site of installation does not exceed 2 000 m.

For equipment to be used at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and the cooling effect of the air. Electrical equipment intended to operate under these conditions shall be designed and used in accordance with an agreement between manufacturer and user. Information given in the manufacturer's documentation may take the place of such an agreement.

7.1.3 Atmospheric conditions

7.1.3.1 Humidity

The relative humidity of the air does not exceed 50 % at a maximum temperature of +40 °C. Higher relative humidities may be permitted at lower temperatures, e.g. 90 % at +20 °C. Special measures may be necessary in cases of occasional condensation due to variations in temperature.

NOTE Pollution degrees, as stated in 7.1.3.2, define the environmental conditions more precisely.

7.1.3.2 Pollution degree

The pollution degree (see 3.7.57) refers to the environmental conditions for which the equipment is intended.

NOTE 1 The micro-environment of the creepage distance or clearance and not the environment of the equipment determines the effect on the insulation. The micro-environment can be better or worse than the environment of the equipment. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic and electromagnetic conditions, generation of pollution, etc.

For equipment intended for use within an enclosure or provided with an integral enclosure, the pollution degree of the environment in the enclosure is applicable.

For the purpose of evaluating clearances and creepage distances, the following four degrees of pollution of the micro-environment are established (clearances and creepage distances according to the different pollution degrees are given in Table 13 and Table 15):

Pollution degree 1:

No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs.

Pollution degree 2:

Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

Pollution degree 3:

Conductive pollution occurs, or dry, non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation.

Pollution degree 4:

The pollution generates persistent conductivity caused, for instance, by conductive dust or by rain or snow.

Standard pollution degree of industrial applications:

Unless otherwise stated by the relevant product standard, equipment for industrial applications is generally for use in pollution degree 3 environment. However, other pollution degrees may be considered to apply depending upon particular applications or the micro-environment.

NOTE 2 The pollution degree of the micro-environment for the equipment can be influenced by installation in an enclosure.

Standard pollution degree of household and similar applications:

Unless otherwise stated by the relevant product standard, equipment for household and similar applications is generally for use in pollution degree 2 environment.

7.1.4 Shock and vibration

Standard conditions of shock and vibration to which the equipment can be exposed shall be specified in the product standard or subject of agreement between user and manufacturer. See Annex Q for classifications and tests related to shock and vibration.

7.2 Conditions during transport and storage

A special agreement shall be made between user and manufacturer if the conditions during transport and storage, e.g. temperature and humidity, differ from those defined in 7.1, except that, unless otherwise specified, the following temperature range applies during transport and storage: between -25 °C and $+55\text{ °C}$ and, for short periods not exceeding 24 h, up to $+70\text{ °C}$.

Equipment subjected to these extreme temperatures without being operated shall not undergo any irreversible damage and shall then operate normally under the specified conditions.

7.3 Mounting

The equipment shall be mounted in accordance with the manufacturer's instructions.

8 Constructional and performance requirements

8.1 Constructional requirements

8.1.1 General

The equipment with its enclosure, if any, whether integral or not, shall be designed and constructed to withstand the stresses occurring during installation and normal use and, in addition, shall provide a specified degree of resistance to abnormal heat and fire.

Glow-wire requirements for non integral enclosure materials are given in relevant standards, e.g. IEC 62208.

The accessible part of product and especially the operating means shall not present sharp edges and corners likely to cause injury.

NOTE Further information about example of edges are given in Annex B of ISO 13715:2017.

The need to reduce the impact on the natural environment of a product during all phases of its life is recognized. Assistance in the consideration of environmental aspects relating to products according to the IEC 60947 series is given in Annex O.

8.1.2 Materials

8.1.2.1 General materials requirements

Parts of insulating materials which might be exposed to thermal stresses due to electrical effects within the equipment shall not be adversely affected by abnormal heat and by fire.

NOTE Fire hazard aspects are detailed in IEC TR 63054.

The manufacturer shall specify which test method, 8.1.2.2 or 8.1.2.3, is to be used.

8.1.2.2 Glow wire testing

The suitability of materials used is verified by:

- a) making tests on the equipment; or
- b) making tests on sections taken from the equipment; or
- c) making tests on any parts of identical material having representative thickness; or
- d) providing data from the insulating material supplier fulfilling the requirements according to IEC 60695-2-12.

The suitability shall be determined with respect to resistance to abnormal heat and fire.

The manufacturer shall indicate which methods, amongst a), b), c) and d), shall be used.

If an identical material having representative cross-sections has already satisfied the requirements of any of the tests of 9.2.2, then those tests need not be repeated.

Tests on equipment shall be made by the glow-wire end-product test of IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11.

Parts of insulating materials necessary to retain current-carrying parts in position shall conform to the glow-wire tests of 9.2.2.1 at a test temperature of 850 °C or 960 °C according to the expected fire hazard. Product standards shall specify the value appropriate to the product, taking into account the Annex A of IEC 60695-2-11:2014.

Parts of insulating materials other than those specified in the previous paragraph shall conform to the requirements of the glow-wire test of 9.2.2.1 at a temperature of 650 °C.

NOTE For small parts, as specified in IEC 60695-2-11, the relevant product standard can specify another test (for example needle flame test, according to IEC 60695-11-5). The same procedure can be applicable for other practical reasons when the metal part is large compared to the insulating material (such as terminal blocks). The needle flame test is used as an alternative test for addressing flame retardancy requirements for shipboard applications.

8.1.2.3 Test based on flammability category

For parts of insulating materials, hot wire ignition (HWI) and, where applicable, arc ignition (AI) tests as specified in 9.2.2.2, shall be made based on flammability category.

Tests on materials shall be made in accordance with Annex M. The hot wire ignition and arc ignition test value requirements related to the material flammability category shall conform to Table M.1 or Table M.2.

Alternatively, the manufacturer may provide data from the insulating material supplier fulfilling the requirements given in Annex M.

8.1.3 Current-carrying parts and their connections

Current-carrying parts shall have the necessary mechanical strength and current-carrying capacity for their intended use.

For electrical connections, no contact pressure shall be transmitted through insulating material other than ceramic or other material with characteristics not less suitable, unless there is sufficient resiliency in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulation material.

Compliance shall be verified by inspection and by conducting the test sequences according to the relevant product standard.

NOTE In the USA, the use of clamping units in which pressure is transmitted through insulating materials other than ceramic is permitted only in the following circumstances:

- 1) where the clamping unit is part of a terminal block;
- 2) where a temperature test demonstrates that the temperature limitations of the insulation material and of the terminals in accordance with the product standard are not exceeded; and
- 3) resilient metal is used in the clamping unit construction to compensate for loss of clamping pressure due to insulating material deformation.

8.1.4 Clearances and creepage distances

8.1.4.1 General

For equipment tested in accordance with its own product standard which references 9.3.3.4 of this document, minimum values are given in Table 13 and Table 15.

Electrical requirements are given in 8.2.3.

In the other cases, guidance for minimum values is given in the relevant product standard.

Figure G.1 and Figure G.2 give informations on methods to measure clearances and creepage distances.

8.1.4.2 Insulation coordination barriers for creepage distances

When solid insulation is used as an insulation coordination barrier to comply with required creepage distances, the material used shall comply with the glow wire requirements in 8.1.2.2 or the flammability requirements in 8.1.2.3.

8.1.4.3 Insulation coordination barriers for clearance distances

When solid insulation is used as an insulation coordination barrier to comply with required clearance distances and does not physically support or maintain the relative position of uninsulated parts involved, the barrier material shall comply with the glow wire requirements in 8.1.2.2 and shall conform to the glow-wire test requirements of 9.2.2.1 at a temperature of 650 °C or the AI values in Table M.2. Alternatively the material shall comply with the requirements in 8.1.4.2.

8.1.5 Actuator

8.1.5.1 Insulation

The actuator of the equipment shall be insulated from the live parts for the rated insulation voltage and, if applicable, the rated impulse withstand voltage.

Moreover:

- if it is made of metal, it shall be capable of being satisfactorily connected to a protective conductor unless it is provided with additional reliable insulation;
- any internal metal part, which might become accessible in the event of insulation failure, shall also be insulated from live parts for the rated insulation voltage.

8.1.5.2 Direction of movement

The direction of operation for actuators of devices shall normally conform to IEC 60447. Where devices cannot conform to these requirements, e.g. due to special applications or alternative mounting positions, they shall be clearly marked such that there is no doubt as to the "I" and "O" positions and the direction of operation.

8.1.6 Indication of the contact position

8.1.6.1 Indicating means

When an equipment is provided with means for indicating the closed and open positions, these positions shall be unambiguous and clearly indicated when the means is accessible. This is done by means of a position indicating device (see 3.5.18).

NOTE Where a supplementary enclosure is used, the indication is not always visible from the outside.

The relevant product standard may specify whether the equipment is to be provided with such an indicating device.

If symbols are used, they shall indicate the closed and open positions respectively, in accordance with IEC 60417:

IEC 60417-5007 (2002-10) | On (power)

IEC 60417-5008 (2002-10) ○ Off (power)

For equipment operated by means of two push-buttons, only the push-button designated for the opening operation shall be red or marked with the symbol "O".

Red colour shall not be used for any other push-button.

The colours of other push-buttons, illuminated push-buttons and indicator lights shall be in accordance with IEC 60073.

8.1.6.2 Indication by the actuator

When the actuator is used to indicate the position of the contacts, it shall automatically take up or stay, when released, in the position corresponding to that of the moving contacts; in this case, the actuator shall have two distinct rest positions corresponding to those of the moving contacts, but for automatic opening a third distinct position of the actuator may be provided.

8.1.7 Additional requirements for equipment suitable for isolation

8.1.7.1 Additional constructional requirements

NOTE 1 In the USA, devices meeting these additional requirements are not accepted as assuring isolation by themselves. Isolation requirements and procedures are covered in the relevant federal regulations and maintenance standards.

Equipment suitable for isolation shall provide in the open position (see 3.6.21) an isolating distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolation function (see 8.2.3.2 and 8.2.7). Indication of the position of the main contacts shall be provided by one or more of the following means:

- the position of the actuator;

- a separate mechanical indicator;
- visibility of all moving main contacts.

The effectiveness of each of the means of indication provided on the equipment and its mechanical strength shall be verified in accordance with 9.2.6.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the equipment in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position. This shall be verified in accordance with 9.2.6.

Equipment shall be designed so that the actuator, front plate or cover are fitted to the equipment in a manner which ensures correct contact position indication and locking, if provided.

NOTE 2 Locking in the closed position can be applied for particular applications.

If auxiliary contacts are provided for interlocking purposes, the operating time of the auxiliary and main contacts shall be declared by the manufacturer. More specific requirements may be given in the relevant product standard.

The indicated open position is the only position in which the specified isolating distance between the contacts is ensured.

For equipment provided with actuator or indicator positions such as “tripped position”, which are not the indicated open position, those positions shall be clearly identified. The marking of such positions shall not include the symbols “I” or “O”.

An actuator having only one position of rest shall not be considered as appropriate to indicate the position of the main contact.

8.1.7.2 Supplementary requirements for equipment with provision for electrical interlocking with contactors or circuit-breakers

If equipment suitable for isolation is provided with an auxiliary switch for the purpose of electrical interlocking with contactor(s) or circuit-breaker(s) and intended to be used in motor circuits, the following requirements shall apply unless the equipment is rated for AC-23 utilization category.

An auxiliary switch shall be rated according to IEC 60947-5-1 as stated by the manufacturer.

The time interval between the opening of the contacts of the auxiliary switch and the contacts of the main poles shall be sufficient to ensure that the associated contactor or circuit-breaker interrupts the current before the main poles of the equipment open.

Unless otherwise stated in the manufacturer's technical documentation, the time interval shall be not less than 20 ms when the equipment is operated according to the manufacturer's instructions.

Compliance shall be verified by measuring the time interval between the instant of opening of the auxiliary switch and the instant of opening of the main poles under no-load conditions when the equipment is operated according to the manufacturer's instructions.

During the closing operation the contacts of the auxiliary switch shall close after or simultaneously with the contacts of the main poles.

A suitable opening time interval may also be provided by an intermediate position (between the “ON” and “OFF” positions) at which the interlocking contact(s) is (are) open and the main poles remain closed.

8.1.7.3 Supplementary requirements for equipment provided with means for padlocking the open position

The locking means shall be designed in such a way that it cannot be removed with the appropriate padlock(s) installed. When the equipment is locked by even of a single padlock, it shall not be possible by operating the actuator, to reduce the clearance between open contacts to the extent that it no longer complies with the requirements of 8.2.3.2 1) b).

Alternatively, the design may provide padlockable means to prevent access to the actuator.

Compliance with the requirements to padlock the actuator shall be verified using a padlock specified by the manufacturer or an equivalent gauge, giving the most adverse conditions, to simulate locking. The force F specified in 9.2.6.2.1 shall be applied to the actuator in an attempt to operate the equipment from the open position to the closed position. Whilst the force F is applied the equipment shall be subjected to a test voltage across open contacts. The equipment shall be capable of withstanding the test voltage required according to Table 14 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

8.1.8 Terminals

8.1.8.1 Constructional requirements

All parts of terminals which maintain contact and carry current shall be of metal having adequate mechanical strength.

Terminal connections shall be such that the force to connect the conductors may be applied by screws, screwless-type or other equivalent means so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained.

Terminals shall be so constructed that the conductors can be clamped between suitable surfaces without any significant damage either to conductors or terminals.

Terminals shall not allow the conductors to be displaced or be displaced themselves in a manner detrimental to the operation of equipment and the insulation voltage shall not be reduced below the rated values.

If required by the application, terminals and conductors may be connected by means of cable lugs for copper conductors only (see Table P.1).

NOTE Examples of overall dimensions of terminal lugs suitable to be directly connected to the stud terminals of equipment are given in Annex P.

Screwless-type clamping units, unless otherwise specified by the manufacturer, shall accept solid, stranded and flexible conductors as indicated in Table 1.

On screwless-type clamping unit, the connection or disconnection of conductors shall be made as follows:

- on universal clamping units by the use of a general purpose tool or a convenient device, integral with the clamping unit to open it for the insertion or withdrawal of the conductors;
- on push-wire clamping units by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull only on the conductor shall be necessary. The use of a general purpose tool or of a convenient device, integral with the clamping unit is allowed in order to "open" it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductor.

Examples of terminals are given in Annex D (see Figure D.1 to Figure D.8).

The requirements of this subclause shall be verified by the tests of 9.2.5.2, 9.2.5.3 and 9.2.5.4, as applicable.

8.1.8.2 Connecting capacity

The manufacturer shall state the type (solid or stranded or flexible), the minimum and the maximum cross-sections of conductors for which the terminal is suitable and, if applicable, the number of conductors simultaneously connectable to the terminal. However, the maximum cross-section shall not be smaller than that stated in 9.3.3.3 for the temperature-rise test and the terminal shall be suitable for conductors of the same type (solid or stranded or flexible) at least two sizes smaller, as given in the appropriate column of Table 1.

Nominal values of cross-section of round copper conductors (both metric and AWG/kcmil sizes) are shown in Table 1 which also gives the approximate relationship between ISO metric and AWG/kcmil sizes.

8.1.8.3 Connection

Terminals for connection to external conductors shall be readily accessible during installation.

Clamping screws and nuts shall not serve to fix any other component although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

8.1.8.4 Terminal identification and marking

Terminals shall be clearly and permanently identified in accordance with IEC 60445 and Annex L, unless superseded by the requirements of the relevant product standard.

Terminals intended exclusively for the neutral conductor shall be identified by the letter "N", in accordance with IEC 60445.

The protective earth terminal shall be identified in accordance with 8.1.10.3.

8.1.9 Additional requirements for equipment provided with a neutral pole

When an equipment is provided with a pole intended only for connecting the neutral conductor, this pole shall be clearly identified to that effect by the letter "N" (see 8.1.8.4).

A switched neutral pole shall break not before and shall make not after the other poles.

If a pole having an appropriate short-circuit breaking and making capacity (see 3.7.14 and 3.7.15) is used as a neutral pole, then all poles, including the neutral pole, may operate substantially together.

The neutral pole may be fitted with an overcurrent release.

For equipment having a value of conventional thermal current (free air or enclosed, see 5.3.2.1 and 5.3.2.2) not exceeding 63 A, this value shall be identical for all poles.

For higher conventional thermal current values, the neutral pole may have a value of conventional thermal current different from that of the other poles, but not less than half that value or 63 A, whichever is the higher.

8.1.10 Provisions for protective earthing

8.1.10.1 Constructional requirements

The exposed conductive parts (e.g. chassis, heat sink, framework and fixed parts of metal enclosures) other than those which cannot constitute a danger shall be electrically interconnected and connected to a protective earth terminal for connection to an protective earthing conductor.

NOTE 1 In North America, earthing is called grounding.

This requirement can be met by the normal structural parts providing adequate electrical continuity and applies whether the equipment is used on its own or incorporated in an assembly.

NOTE 2 If needed, requirements and tests can be specified in the relevant product standard.

Exposed conductive parts are considered not to constitute a danger if they cannot be touched on large areas or grasped with the hand or if they are of small size (approximately 50 mm × 50 mm) or are so located as to exclude any contact with live parts.

Examples of these are screws, rivets, nameplates, transformer cores, electromagnets of switching devices and certain parts of releases, irrespective of their size.

8.1.10.2 Protective earth terminal

The protective earth terminal shall be readily accessible and so placed that the connection of the equipment to the protective earthing conductor is maintained when the cover or any other removable part is removed. The size of the protective conductor shall be in accordance to Table 25.

The protective earth terminal shall be suitably protected against corrosion.

In the case of equipment with conductive structures, enclosures, etc., means shall be provided, if necessary, to ensure electrical continuity between the exposed conductive parts of the equipment and the metal sheathing of connecting conductors.

The protective earth terminal shall have no other function, except when it is intended to be connected to a PEN conductor (see 3.3.29), PEM conductor (see 3.3.28) or PEL conductor (see 3.3.30). In this case, it shall also have the function of a neutral terminal, mid terminal or earthed line terminal in addition to meeting the requirements applicable to the protective earth terminal.

8.1.10.3 Protective earth terminal marking and identification

The protective earth terminal shall be clearly and permanently identified by its marking.

The identification shall be achieved by colour (green-yellow mark) or by the notation PE, PEN, PEM or PEL, as applicable, in accordance with 7.3 of IEC 60445:2017, or by a graphical symbol for use on equipment.

The graphical symbol to be used is the symbol:

60417-5019 (2006-08)  Protective earth (ground)

in accordance with the IEC 60417 database.

NOTE The symbol  (60417-5017 (2006-08)), previously recommended, is being progressively superseded by the preferred symbol 60417-5019 given above.

8.1.10.4 Protective earth continuity

All exposed conductive parts of the equipment and/or its enclosure shall be effectively connected to the terminal for the incoming external protective conductor.

The resistance of the circuit from the exposed conductive part to the protective earth terminal shall not exceed 0,1 Ω .

8.1.11 Dedicated enclosures for equipment

8.1.11.1 Design

The enclosure shall be so designed that, when it is opened and other protective means, if any, are removed, all parts requiring access for installation and maintenance, as prescribed by the manufacturer, are readily accessible.

Sufficient space shall be provided inside the enclosure for the accommodation of external conductors from their point of entry into the enclosure to the terminals to ensure adequate connection.

The fixed parts of a metal enclosure shall be electrically connected to the other exposed conductive parts of the equipment and connected to a terminal which enables them to be earthed or connected to a protective conductor.

Under no circumstances shall a removable metal part of the enclosure be insulated from the part carrying the earth terminal when the removable part is in place.

The removable parts of the enclosure shall be firmly secured to the fixed parts by a device so that they cannot be accidentally loosened or detached owing to the effects of operation of the equipment or vibrations.

When an enclosure is so designed as to allow the covers to be opened without the use of tools, means shall be provided to prevent loss of the fastening devices.

An integral enclosure is considered to be a non-removable part.

If the enclosure is used for mounting push-buttons, removal of buttons should be from the inside of the enclosure. Removal from the outside shall only be by use of a tool intended for this purpose.

8.1.11.2 Insulation

If, in order to prevent accidental contact between a metallic enclosure and live parts, the enclosure is partly or completely lined with insulating material, then this lining shall be securely fixed to the enclosure.

8.1.12 Degrees of protection of enclosed equipment

Degrees of protection of enclosed equipment and relevant tests are given in Annex C.

8.1.13 Conduit pull-out, torque and bending with metallic conduits

Polymeric enclosures of equipment, whether integral or not, provided with threaded conduit entries, intended for the connection of extra heavy duty, rigid threaded metal conduits complying with IEC 60981, shall withstand the stresses occurring during its installation such as pull-out, torque, bending.

Compliance shall be verified by the test of 9.2.8.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Operating conditions

8.2.1.1 General

The following requirements apply to clean new equipment unless otherwise stated in the relevant product standard.

The equipment shall be operated in accordance with the manufacturer's instructions or the relevant product standard, especially for equipment with dependent manual operation where the making and breaking capacities may depend on the skill of the operator.

8.2.1.2 Limits of operation of power operated equipment

Unless otherwise stated in the relevant product standard, electromagnetic and electropneumatic equipment shall close with any control circuit supply voltage between 85 % and 110 % of its rated value U_s and an ambient air temperature between -5 °C and $+40\text{ °C}$. These limits apply to direct current or alternating current as appropriate.

For pneumatic and electro-pneumatic equipment, unless otherwise stated, the limits of the air supply pressure are 85 % and 110 % of the rated pressure.

Where a range of operation is given, the value of 85 % shall apply to the lower limit of the range, and the value of 110 % to the upper limit of the range.

NOTE Operating limits of latched equipment are subject to agreement between manufacturer and user.

For electromagnetic and electro-pneumatic equipment, the drop-out voltage shall not be higher than 75 % of the rated control circuit supply voltage U_s nor lower than 20 % of U_s in the case of alternating current at rated frequency, or 10 % of U_s in the case of direct current.

The limits between which an equipment, with an electronically controlled electromagnet, shall drop out and open fully are

- for direct current: 75 % to 10 % of their rated control circuit supply voltage U_s ,
- for alternating current: 75 % to 20 % of their rated control circuit supply voltage U_s , or 75 % to 10 % of their rated control circuit supply voltage U_s if specified by the manufacturer.

For pneumatic and electro-pneumatic equipment, unless otherwise stated, opening shall occur at a pressure between 75 % and 10 % of the rated pressure.

Where a range of operation is given, the value of 20 % or 10 %, as the case may be, shall apply to the upper limit of the range, and the value of 75 % to the lower limit of the range.

In the case of coils, the limiting drop-out values apply when the coil circuit resistance is equal to that obtained at -5 °C . This may be verified by a calculation based on the values obtained at normal ambient air temperature.

The drop out time may need to be specified for particular applications. In this case the drop out time shall be measured during the test associated with the verification of this subclause.

8.2.1.3 Limits of operation of under-voltage relays and releases

a) Operating voltage

An under-voltage relay or release, when associated with a switching device, shall operate to open the equipment even on a slowly falling voltage within the range between 70 % and 35 % of its rated voltage.

NOTE A no-voltage release is a special form of under-voltage release in which the operating voltage is between 35 % and 10 % of the rated supply voltage.

An under-voltage relay or release shall prevent the closing of the equipment when the supply voltage is below 35 % of the rated voltage of the relay or release; it shall permit closing of the equipment at supply voltages equal to or above 85 % of its rated value.

Unless otherwise stated in the relevant product standard, the upper limit of the supply voltage shall be 110 % of its rated value.

The figures given above apply equally to direct current and to alternating current at rated frequency.

b) Operating time

For a time-delay under-voltage relay or release, the time-lag shall be measured from the instant when the voltage reaches the operating value until the instant when the relay or release actuates the tripping device of the equipment.

8.2.1.4 Limits of operation of shunt releases

A shunt release for opening shall cause tripping under all operating conditions of an equipment when the supply voltage of the shunt release measured during the tripping operation remains between 70 % and 110 % of the rated control circuit supply voltage and, if alternating current, at the rated frequency.

8.2.1.5 Limits of operation of current operated relays and releases

Limits of operation of current operated relays and releases shall be stated in the relevant product standard.

NOTE The term "current operated relays and releases" covers overcurrent relays or releases, overload relays or releases, reverse current relays or releases, etc.

8.2.2 Temperature-rise

8.2.2.1 General

The temperature-rises of the parts of an equipment, measured during a test carried out under the conditions specified in 9.3.3.3, shall not exceed the values stated in this subclause.

NOTE Temperature-rise in normal service can differ from the test values, depending on the installation conditions and size of connected conductors.

The temperature-rise limits given in Table 2 and Table 3 apply to equipment tested in new and clean condition. Different values may be prescribed by product standards for different test conditions and for devices of small dimensions but not exceeding the above values by more than 10 K.

The temperature-rises obtained during the test shall not impair the performance of the product. For insulating parts not covered by subclauses 8.2.2.2 to 8.2.2.8, the manufacturer shall demonstrate compliance by reference to the insulation temperature index (determined, for example, by the methods of IEC 60216-2) or by compliance with IEC 60085.

8.2.2.2 Terminals

The temperature-rises of terminals shall not exceed the values stated in Table 2.

8.2.2.3 Accessible parts

The temperature-rises of accessible parts shall not exceed the values stated in Table 3.

8.2.2.4 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 2 and Table 3 are applicable only if the ambient air temperature remains within the limits given in 7.1.1.

8.2.2.5 Main circuit

The main circuit of an equipment shall be capable of carrying the conventional thermal current of the equipment without the temperature-rises exceeding the limits specified in Table 2 and Table 3 when tested in accordance with 9.3.3.3.4.

8.2.2.6 Control circuits

The control circuits of an equipment, including control circuit devices to be used for the closing and operating operations of an equipment, shall permit the rated duty according to 5.3.4 and also the temperature-rises tests specified in 9.3.3.3.5 to be made without the temperature-rises exceeding the limits specified in Table 2 and Table 3.

Digital inputs and/or digital outputs contained in switchgear and controlgear, and intended to be compatible with programmable logic controllers (PLCs) are covered by Annex S.

8.2.2.7 Windings of coils and electromagnets

With current flowing through the main circuit the windings of coils and electromagnets shall withstand their rated voltage without the temperature-rises exceeding the limits specified in 8.2.2.1 when tested in accordance with 9.3.3.3.6.

NOTE This subclause does not apply to pulse-operated coils, whose operating conditions are defined by the manufacturer.

8.2.2.8 Auxiliary circuits

Auxiliary circuits of an equipment including auxiliary switches shall be capable of carrying their conventional thermal current without the temperature-rise exceeding the limits specified in Table 2 and Table 3, when tested in accordance with 9.3.3.3.7.

NOTE If an auxiliary circuit forms an integral part of the equipment, it suffices to test it at the same time as the main equipment, but at its actual service current.

8.2.3 Dielectric properties

8.2.3.1 General

The dielectric properties are based on basic safety publications IEC 60664-1 and IEC 61140. For reduced clearances and creepage distances through the use of coating, see IEC 60664-3.

NOTE 1 For clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm see IEC TR 63040, which contain the results of research only and cannot be used for dimensioning the clearances and creepage distances for equipment within low voltage system, where IEC 60664-1 applies.

- a) The following requirements provide the means of achieving co-ordination of insulation of equipment with the conditions within the installation.
- b) The equipment shall be capable of withstanding:
 - the rated impulse withstand voltage (see 5.3.1.3) in accordance with the overvoltage category given in Annex H;
 - the impulse withstand voltage across the contact gaps of devices suitable for isolation as given in Table 14;
 - the power-frequency withstand voltage and/or DC withstand voltage, as applicable.

NOTE 2 The correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment is given in Annex H.

The rated impulse withstand voltage for a given rated operational voltage (see 5.3.1.1, fourth and fifth paragraphs) shall be not less than that corresponding in Annex H to the nominal voltage of the supply system of the circuit at the point where the equipment is to be used, and the appropriate overvoltage category.

- c) The requirements of this subclause shall be verified by the tests of 9.3.3.4.

8.2.3.2 Impulse withstand voltage

1) Main circuit

- a) Clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall withstand the test voltage given in Table 12 appropriate to the rated impulse withstand voltage.
- b) Clearances across the open contacts shall withstand:
 - the impulse withstand voltage specified, where applicable, in the relevant product standard;
 - for equipment designated as suitable for isolation, the test voltage given in Table 14 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

Solid insulation of equipment associated with clearances a) and/or b) above can be subjected to the impulse voltage specified in a) and/or b), as applicable.

2) Auxiliary and control circuits

- a) For auxiliary and control circuits which operate directly from the main circuit at their rated voltage, clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall withstand the test voltage given in Table 12 appropriate to the rated impulse withstand voltage of the auxiliary/control circuit and to the appropriate overvoltage category of the main circuit (see also the last paragraph of 8.2.3.2 1) b));
- b) Auxiliary and control circuits which do not operate directly from the main circuit may have an overvoltage withstand capacity different from that of the main circuit. Clearances and associated solid insulation of such circuits, whether alternating current or direct current, shall withstand the appropriate voltage in accordance with Annex H.

8.2.3.3 Power-frequency or DC withstand voltage of the main, auxiliary and control circuits

- a) Power-frequency or DC withstand voltage tests are used in the following cases:
 - dielectric tests as type tests for the verification of solid insulation;
 - dielectric withstand verification, as a criterion of failure, after switching or short-circuit type tests;
 - routine tests.

b) Type tests of dielectric properties

The tests of dielectric properties, as type tests, shall be made in accordance with 9.3.3.4.

For equipment suitable for isolation, the maximum leakage current shall be in accordance with 8.2.7 and shall be tested according to 9.3.3.4.

c) Verification of dielectric withstand after switching or short-circuit tests

The verification of dielectric withstand after switching and short-circuit tests as a criterion of failure, is always made at power-frequency or DC voltage in accordance with item 4) of 9.3.3.4.1.

For equipment suitable for isolation, the maximum leakage current shall be in accordance with 8.2.7, shall be tested according to 9.3.3.4 and shall not exceed the values specified in the relevant product standard.

- d) Vacant
- e) Verification of dielectric withstand during routine tests

Tests to detect faults in materials and workmanship are made at power-frequency or DC voltage, in accordance with item 2) of 9.3.3.4.2.

8.2.3.4 Clearances

Clearances shall be sufficient to enable the equipment to withstand the rated impulse withstand voltage, according to 8.2.3.2.

Clearances shall be higher than the values given in Table 13, for case B (homogeneous field) (see 3.7.61) and verified by a sampling test according to 9.3.3.4.3. This test is not required if the clearances, related to the rated impulse withstand voltage and pollution degree, are equal to or higher than the values given in Table 13 for case A (inhomogeneous field, see 3.7.62).

The method of measuring clearances is given in Annex G.

8.2.3.5 Creepage distances

- a) Dimensioning

For pollution degrees 1 and 2, creepage distances shall be not less than the associated clearances selected according to 8.2.3.4. For pollution degrees 3 and 4, the creepage distances shall be not less than the case A clearances (Table 13) to reduce the risk of disruptive discharge due to overvoltages, even if the clearances are smaller than the values of case A as permitted in 8.2.3.4.

The method of measuring creepage distances is given in Annex G.

Creepage distances shall correspond to a pollution degree as specified in 7.1.3.2 or to that defined in the relevant product standard and to the corresponding material group at the rated insulation or working voltage given in Table 15.

Material groups are classified as follows, according to the range of values of the comparative tracking index (CTI) (see 3.7.64):

- Material Group I $600 \leq \text{CTI}$
- Material Group II $400 \leq \text{CTI} < 600$
- Material Group IIIa $175 \leq \text{CTI} < 400$
- Material Group IIIb $100 \leq \text{CTI} < 175$

NOTE The CTI values refer to the values obtained in accordance with IEC 60112, method with Solution A, for the insulating material used. The CTI value has no relationship to the rated voltage of the device.

For inorganic insulating materials, for example glass or ceramics, which do not track, creepage distances shall be at least equal to their associated clearances.

- b) Use of ribs

A creepage distance can be reduced to 0,8 of the relevant value of Table 15 by using ribs of 2 mm minimum height, irrespective of the number of ribs. The minimum base of the rib is determined by mechanical requirements (see G.2).

- c) Special applications

Equipment intended for certain applications where severe consequences of an insulation fault have to be taken into account shall have one or more of the influencing factors of Table 15 (distances, insulating materials, pollution in the micro-environment) utilized in such a way as to achieve a higher insulation voltage than the rated insulation voltage given to the equipment according to Table 15.

8.2.3.6 Solid insulation

Solid insulation shall be verified by either power-frequency tests, in accordance with item 3) of 9.3.3.4.1, or DC tests in the case of DC equipment.

NOTE For more information on the design of solid insulation, see 5.3.1 of IEC 60664-1:2007.

8.2.3.7 Spacing between separate circuits

For dimensioning clearances, creepage distances and solid insulation between separate circuits, the highest voltage ratings shall be used (rated impulse withstand voltage for clearances and associated solid insulation and rated insulation voltage or working voltage for creepage distances).

8.2.3.8 Requirements for equipment with protective separation

Where SELV and PELV circuits are accessible, they shall be separated from other hazardous-live circuits as given in Annex N.

If some circuits are only accessible under maintenance or service conditions, they may, depending on the risk level resulting from a risk assessment (severity of harm and the probability of occurrence), be considered not accessible under normal operating conditions (see 7.1), and use only basic insulation.

8.2.4 Ability to make, carry and break currents under no-load, normal load and overload conditions

8.2.4.1 Making and breaking capacities

The equipment shall be capable of making and breaking load and overload currents without failure under the conditions stated in the relevant product standard for the required utilization categories and the number of operations stated in the relevant product standard (see also general test conditions of 9.3.3.5).

8.2.4.2 Operational performance

Tests concerning the operational performance of equipment are intended to verify that the equipment is capable of making, carrying and breaking without failure the currents flowing in its main circuit under conditions corresponding to the specified utilization category, where relevant.

Specific requirements and test conditions shall be stated in the relevant product standard and may concern:

- the operational performance off-load for which the tests are made with the control circuits energized and the main circuit not energized, in order to demonstrate that the equipment meets the operating conditions specified at the upper and lower limits of supply voltage and/or pressure specified for the control circuit during closing and opening operations;
- the operational performance on-load during which the equipment shall make and break the specified current corresponding, where relevant, to its utilization category for the number of operations stated in the relevant product standard.

The verification of operational performance off-load and on-load may be combined in one sequence of tests if so stated in the relevant product standard.

8.2.4.3 Durability

8.2.4.3.1 Mechanical durability

With respect to its resistance to mechanical wear, an equipment is characterized by the number, stated in the relevant product standard, of no-load operating cycles (i.e., without

current at the main contacts) which can be effected before it becomes necessary to service or replace any mechanical parts; however, normal maintenance according to the manufacturer's instructions may be permitted for equipment designed to be maintained. Each operating cycle consists of one closing operation followed by one opening operation.

The equipment shall be mounted for the test according to the manufacturer's instructions.

The preferred number of off-load operating cycles shall be specified in the relevant product standard.

NOTE The term "durability" has been chosen, instead of "endurance" in order to express the expectancy of the number of operating cycles which can be performed by the equipment before repair or replacement of parts.

8.2.4.3.2 Electrical durability

With respect to its resistance to electrical wear, an equipment is characterized by the number of on-load operating cycles, corresponding to the service conditions given in the relevant product standard, which can be made without repair or replacement.

The preferred number of on-load operating cycles shall be specified in the relevant product standard.

8.2.5 Ability to make, carry and break short-circuit currents

The equipment shall be so constructed as to be capable of withstanding, under conditions specified in the relevant product standard, the thermal, dynamic and electrical stresses resulting from short-circuit currents. In particular the equipment shall behave in such a manner that it complies with the requirements of 9.3.4.1.8.

Short-circuit currents may be encountered:

- during current making;
- during current carrying in the closed position;
- during current interruption.

The ability of the equipment to make, carry and break short-circuit currents is stated in terms of one or more of the following ratings:

- rated short-circuit making capacity (see 5.3.6.2);
- rated short-circuit breaking capacity (see 5.3.6.3);
- rated short-time withstand current (see 5.3.6.1);
- in the case of equipment co-ordinated with short-circuit protective devices (SCPDs):
 - a) rated conditional short-circuit current (see 5.3.6.4),
 - b) other types of co-ordination, specified solely in the relevant product standard.

For co-ordination between SCPDs (in series) in the same circuit see Annex X.

For ratings and limiting values according to items a) and b) above, the manufacturer shall indicate the type and the characteristics (e.g. current rating, breaking capacity, cut-off current, I^2t) of the SCPD necessary for the protection of the equipment.

8.2.6 Pole impedance

Where the pole impedance is given, it shall be tested according to 9.3.3.8.

8.2.7 Leakage currents of equipment suitable for isolation

For equipment suitable for isolation and having a rated operational voltage U_e greater than 50 V, the leakage current shall be measured through each pole with the contacts in the open position.

The value of leakage current, with a test voltage equal to 1,1 times the rated operational voltage shall not exceed

- 0,5 mA per pole for equipment in a new condition;
- 2 mA per pole for equipment having been subjected to the making and breaking operations in accordance with the test requirements of the relevant product standard.

A leakage current of 6 mA at 1,1 times the rated operational voltage is a limiting value for equipment suitable for isolation which value shall not be exceeded under any circumstances. Tests to verify this requirement may be specified in the relevant product standard.

8.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

8.3.1 General

Equipment not incorporating electronic circuits is not sensitive to electromagnetic disturbances in normal service conditions, and therefore no EMC tests are required.

For products falling within the scope of this document, two sets of environmental conditions are considered and are referred to as:

- a) environment A;
- b) environment B.

Environment A relates to low-voltage non-public or industrial networks/locations/installations including highly disturbing sources.

NOTE 1 Environment A corresponds to equipment class A in CISPR 11.

Environment B relates to low-voltage public networks such as domestic, commercial and light industrial locations/installations. Highly disturbing sources such as arc welders are not covered by this environment.

NOTE 2 Environment B corresponds to equipment class B in CISPR 11.

For the purpose of this document, the phrase “electronic circuit” excludes circuits in which all components are passive (including diodes, resistors, varistors, capacitors, surge suppressors, inductors).

NOTE 3 Interferences created during switching operation are generally covered by the EMC limits of this document and do not require any EMC test for non-electronic devices.

8.3.2 Immunity

Equipment incorporating electronic circuits shall have a satisfactory immunity to electromagnetic disturbances.

For the appropriate tests, to verify the compliance with these requirements, see 9.4.

Acceptance criteria of Table 24 applies, unless indicated otherwise by relevant product standard of this series.

8.3.3 Emission

The high-frequency (greater than 9 kHz) continuous emissions from equipment incorporating electronic switching circuits shall not exceed the limits specified in the relevant product standard of this series, based on CISPR 11 for environment A and/or environment B.

If a product contains port(s) for communication through a wired network, the port(s) shall be tested in accordance with CISPR 32.

NOTE 1 One-time disturbances no longer than 200 ms need no further evaluation.

Products complying with IEC 60947 series are not sources of continuous harmonics and low frequency voltage fluctuations. Therefore, no associated requirement is included in this document.

NOTE 2 Switchgear and controlgear are only switching main circuits in a short period of time. Short disturbances can be seen during the arcing time depending on the power factor or during ramping time.

9 Tests

9.1 Kinds of test

9.1.1 General

Tests shall be made to prove compliance with the requirements laid down in this document, where applicable, and in the relevant product standard.

Tests are as follows:

- type tests (see 3.8.1) which shall be made on representative samples of each particular equipment;
- routine tests (see 3.8.2) which shall be made on each individual piece of equipment manufactured to this document, where applicable, and the relevant product standard;
- sampling tests (see 3.8.3) which are made if called for in the relevant product standard. For sampling tests for clearance verification, see 9.3.3.4.3.

The above tests may consist of test sequences, according to the requirements of the relevant product standard.

Where such test sequences are specified in a product standard, tests, the result of which are not influenced by preceding tests and have no significance for subsequent tests of a given test sequence may be omitted from that test sequence, and made on separate new samples, by agreement with the manufacturer.

The product standard shall specify such tests, where applicable.

The tests shall be carried out by the manufacturer, at his works or at any suitable laboratory of his choice.

Where appropriate, subject to specification in the relevant product standard, and to agreement between manufacturer and user, special tests (see 3.8.4) may also be performed.

9.1.2 Type tests

Type tests are intended to verify compliance of the design of a given equipment with this document, where applicable, and the relevant product standard.

They may comprise, as appropriate, the verification of

- constructional requirements;
- temperature-rise;
- dielectric properties (see 9.3.3.4.1, where applicable);
- making and breaking capacities;
- short-circuit making and breaking capacities;
- critical load current performance;
- operating limits;
- operational performance;
- degree of protection of enclosed equipment;
- tests for EMC.

NOTE The above list is not exhaustive.

The type tests to which the equipment shall be submitted, the results to be obtained, and, if relevant, the test sequences and the number of samples, shall be specified in the relevant product standard.

9.1.3 Routine tests

Routine tests are intended to detect faults in materials and workmanship and to ascertain proper functioning of the equipment. They shall be made on each individual piece of equipment.

Routine tests may comprise

- a) functional tests;
- b) dielectric tests.

Details of the routine tests and the conditions under which they shall be made shall be stated in the relevant product standard.

9.1.4 Sampling tests

If engineering and statistical analysis show that routine tests (on each product) are not required, sampling tests may be made instead, if so stated in the relevant product standard.

The tests may comprise

- a) functional tests;
- b) dielectric tests.

Sampling tests may also be made to verify specific properties or characteristics of an equipment, either on the manufacturer's own initiative, or by agreement between manufacturer and user.

9.1.5 Special tests

9.1.5.1 General

The conducting of special tests is at the discretion of the manufacturer.

9.1.5.2 Reliability data tests

If the manufacturer decides to provide reliability data for functional safety applications, Annex K applies.

9.1.5.3 Environmental tests

In cases where it is necessary to verify the behaviour of products under special environmental conditions (e.g. EMC, damp heat, salt mist, vibration and shock), the tests shall be conducted according to Annex Q.

9.2 Compliance with constructional requirements

9.2.1 General

The verification of compliance with the constructional requirements stated in 8.1 concerns, for example

- the materials;
- the equipment;
- the degrees of protection of enclosed equipment;
- the mechanical and electrical properties of terminals;
- the actuator;
- the position indicating device (see 3.5.18).

9.2.2 Test of materials to abnormal heat and fire

9.2.2.1 Glow-wire test (on equipment)

The glow-wire test shall be made according to IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11 under the conditions specified in 8.1.2.2.

For the purpose of this test, a protective conductor is not considered as a current-carrying part.

If the test is to be made at more than one place on the same sample, care should be taken to ensure that any deterioration caused by previous tests does not affect the test to be made.

9.2.2.2 Flammability, hot wire ignition and arc ignition tests (on materials)

Suitable specimens of the material shall be subjected to the following tests:

- a) flammability test, in accordance with IEC 60695-11-10;
- b) hot wire ignition (HWI) test, as described in Annex M;
- c) arc ignition (AI) test, as described in Annex M.

The test c) is required only if the material is located within the 13 mm of arcing parts or live parts which are subject to loosening of connections. Materials located within 13 mm of arcing parts are exempt from this test if the equipment is subjected to make/break testing.

9.2.3 Equipment

Covered by the various subclauses of 9.2.

9.2.4 Enclosures for equipment

For the degrees of protection of enclosed equipment, see Annex C.

9.2.5 Mechanical and electrical properties of terminals

9.2.5.1 General conditions for tests

Unless otherwise stated by the manufacturer, each test shall be made on terminals in a clean and new condition.

When tests are made with round copper conductors, these shall be of copper according to IEC 60228.

When tests are made with flat copper conductors, these shall have the following characteristics:

- minimum purity: 99,5 %;
- ultimate tensile strength: 200 N/mm² to 280 N/mm²;
- Vickers hardness: 40 to 65.

9.2.5.2 Tests of mechanical strength of terminals

Tests shall be made with the appropriate type of conductor having the maximum cross-section.

Screwless-type clamping unit according to 8.1.8.1 are tested with conductors of the maximum cross-section.

The conductor shall be connected and disconnected five times.

For screw-type terminals, the tightening torque shall be in accordance with Table 4 or 110 % of the torque specified by the manufacturer, whichever is the greater.

The test shall be conducted on two separate clamping units.

Where a screw has a hexagonal head with means for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is made twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III, and then, on another set of samples, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver.

If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is made.

Each time the clamping screw or nut is loosened, a new conductor shall be used for each tightening test.

During the test, clamping units and terminals shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups that will impair the further use of the screwed connections.

9.2.5.3 Testing for damage to and accidental loosening of conductors (flexion test)

The test applies to terminals for the connection of unprepared round copper conductors, of number, cross-section and type (flexible and/or stranded and/or solid), specified by the manufacturer.

NOTE An appropriate test for flat copper conductors can be made by agreement between manufacturer and user.

The following tests shall be carried out using two new samples with

- a) the maximum number of conductors of the minimum cross-section connected to the terminal;

- b) the maximum number of conductors of the maximum cross-section connected to the terminal;
- c) the maximum number of conductors of the minimum and maximum cross-sections connected to the terminal.

Terminals intended for connection of either flexible and/or solid and/or stranded conductors shall be tested with each type of conductor with different sets of samples.

Terminals intended for connection of flexible or solid and/or stranded conductors simultaneously shall be tested as stated in c) above.

The test is to be carried out with suitable test equipment. The specified number of conductors shall be connected to the terminal. The length of the test conductors should be 75 mm longer than the height H specified in Table 5. The clamping screws shall be tightened with a torque in accordance with Table 4 or with the torque specified by the manufacturer. The device tested shall be secured as shown in Figure 1.

Each conductor is subjected to circular motions according to the following procedure:

The end of the conductor under test shall be passed through an appropriate size bushing in a platen positioned at a height H below the equipment terminal, as given in Table 5. The other conductors shall be bent in order not to influence the result of the test. The bushing shall be positioned in the horizontal plate concentric with the conductor. The bushing shall be moved so that its centreline describes a circle of 75 mm diameter about its centre in the horizontal plane at $10 \text{ rpm} \pm 2 \text{ rpm}$. The distance between the mouth of the terminal and the upper surface of the bushing shall be within 15 mm of the height H in Table 5. The bushing is to be lubricated to prevent binding, twisting or rotation of the insulated conductor. A mass as specified in Table 5 is to be suspended from the end of the conductor. The test shall consist of 135 continuous revolutions.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

Immediately after the flexion test, each conductor under test shall be submitted in the test equipment to the test of 9.2.5.4 (pull-out test).

9.2.5.4 Pull-out test

9.2.5.4.1 Round copper conductors

Following the test of 9.2.5.3, the pulling force given in Table 5 shall be applied to the conductor tested in accordance with 9.2.5.3.

The clamping screws shall not be tightened again for this test.

The force shall be applied without jerks for 1 min, in the direction of the axis of the conductor.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

9.2.5.4.2 Flat copper conductors

A suitable length of conductor shall be secured in the terminal and the pulling force given in Table 6 applied without jerks for 1 min in a direction opposite to that of the insertion of the conductor.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

9.2.5.5 Test for insertability of unprepared round copper conductors having the maximum cross-section

9.2.5.5.1 Test procedure

The test shall be carried out using the appropriate gauge form A or form B specified in Table 7.

The measuring section of the gauge shall be able to penetrate freely into the terminal aperture to the full depth of the terminal (see also note to Table 7).

Alternatively, the test can be carried out by inserting the largest conductor of type and rated cross-section among those recommended by the manufacturer, the diameter of which corresponds to the theoretical diameter according to Table 8, after the insulation has been removed and the end has been reshaped. The stripped end of the conductor shall be able to enter completely within the clamping unit aperture, without use of undue force.

NOTE The manufacturer can specify the test method.

9.2.5.5.2 Construction of gauges

The construction of the gauges is shown in Figure 2.

Details of dimensions a and b and their permissible deviations are shown in Table 7. The measuring section of the gauge shall be made from gauge steel.

9.2.5.6 Void

9.2.5.7 Electrical performance of screwless-type clamping units

Subclauses 9.8 of IEC 60999-1:1999 and 9.8 of IEC 60999-2:2003 apply.

NOTE The terms "smallest cross-sectional area" and "largest cross-sectional area" of IEC 60999 series are respectively "minimum cross-section" (3.5.34) and "maximum cross-section" (3.5.35) defined in this document.

For the largest cross-sectional area the test current applied is I_{th} (or I_{the}) declared for the product. For the smallest cross-sectional area, the test current is given in Table 9. Alternatively, upon request of the manufacturer, the rated I_{th} (or I_{the}) may be applied.

The detailed test requirements may be adapted, considering practical aspects, in the product standards.

9.2.5.8 Ageing test for screwless-type clamping units

Subclauses 9.10 of IEC 60999-1:1999 and 9.10 of IEC 60999-2:2003 apply.

NOTE 1 The terms "smallest cross-sectional area" and "largest cross-sectional area" of IEC 60999 series are respectively "minimum cross-section" (3.5.34) and "maximum cross-section" (3.5.35) defined in this document.

NOTE 2 For the largest cross-sectional area the test current generally applied is I_{th} or I_{the} declared for the product. For the smallest cross-sectional area, the test current is given in Table 4 and Table 5 of IEC 60947-7-1:2009.

The detailed test requirements may be adapted, considering the practical aspects, in the product standards.

9.2.6 Verification of the effectiveness of indication of the main contact position of equipment suitable for isolation

9.2.6.1 Effectiveness of contact position indication

The condition of the equipment for the tests shall be stated in the relevant product standard.

To verify the effectiveness of the indication of the main contact position as required by 8.1.7, all means of indication of contact position shall continue to function correctly after the operational performance type tests, and special durability tests if performed.

9.2.6.2 Method of test

9.2.6.2.1 Dependent and independent manual operation

The force necessary to operate the device to the open position shall be measured at the extremity of the actuator. The measured force F shall be equal to the average value of maximum force obtained from three consecutive operations, with the device in a clean and new condition. This force F shall then be used for the establishment of the test force in Table 17.

With the equipment in the closed position, the fixed and moving contacts of the pole for which the test is deemed to be the most severe shall be fixed together by any suitable way.

The actuator shall be submitted to a test force of $3F$ but which, however, shall not be less than the minimum nor more than the maximum values given in Table 17 corresponding to the type of actuator.

Where the device has more than one contact system in series, all contact systems that are in series shall be held in the closed position.

In the case of multiple tip contact systems, the least number of parallel contact tips shall be fixed together as necessary to hold the contact system closed in order to allow the test force to be applied without the contacts separating.

The appropriate means to keep the contact(s) closed and the number of contacts shall be specified by the manufacturer. The number of contacts and the method shall be stated in the report.

The test force shall be applied without shock to the extremity of the actuator, for a period of 10 s, in the direction to open the contacts.

The direction of the test force with respect to the actuator, as shown in Figure 16, shall be maintained throughout the test.

Verification shall be made according to 9.2.6.3.1.

9.2.6.2.2 Dependent power operation

With the equipment in the closed position, the fixed and moving contacts of the pole for which the test is deemed to be the most severe shall be fixed together, e.g. by welding.

Where the device has more than one contact system in series, all contact systems that are in series shall be held in the closed position.

In the case of multiple tip contact systems, the least number of parallel contact tips shall be fixed together as necessary to hold the contact system closed in order to allow the test force to be applied without the contacts separating.

The appropriate means to keep the contact(s) closed and the number of contacts shall be specified by the manufacturer. The number of contacts and the method shall be stated in the report.

The supply voltage to the power operator shall be applied at 110 % of its normal rated value to attempt to open the contact system of the equipment.

Three attempts to operate the equipment at 5 min intervals by the power operator shall be made, each for a period of 5 s, unless an associated protective device of the power operator limits the time to a shorter period.

Verification shall be made to 9.2.6.3.2.

NOTE In Canada and the United States of America, devices meeting these requirements are not accepted as assuring isolation by themselves.

9.2.6.2.3 Independent power operation

With the equipment in the closed position, the fixed and moving contacts of the pole for which the test is deemed to be the most severe shall be fixed together, e.g. by welding.

Where the device has more than one contact system in series, all contact systems that are in series shall be held in the closed position.

In the case of multiple tip contact systems, the least number of parallel contact tips shall be fixed together as necessary to hold the contact system closed in order to allow the test force to be applied without the contacts separating.

The appropriate means to keep the contact(s) closed and the number of contacts shall be specified by the manufacturer. The number of contacts and the method shall be stated in the report.

The stored energy of the power operator shall be released to attempt to open the contact system of the equipment.

Three attempts to operate the equipment by releasing the stored energy shall be made.

Verification shall be made according to 9.2.6.3.2.

NOTE In Canada and the United States of America, devices meeting these requirements are not accepted as assuring isolation by themselves.

9.2.6.3 Condition of equipment during and after test

9.2.6.3.1 Dependent and independent manual operation

After the test, when the test force is no longer applied, the actuator being left free, the open position shall not be indicated by any of the means provided and the equipment, by visual inspection, shall not show any external damage likely to impair its normal operation.

“The open position shall not be indicated” means that no part or colouring for indication of the open position (as checked through 8.1.6 on a sample in new condition) shall be visible.

For devices where the position is only indicated by the alignment of the actuator with markings on the cover, there shall clearly be no concurrence with the marking for the open position.

When the equipment is provided with a means of locking in the open position, it shall not be possible to lock the equipment while the test force is applied.

9.2.6.3.2 Dependent and independent power operation

During and after the test, the open position shall not be indicated by any of the means provided and the equipment shall not show any damage such as to impair its normal operation.

When the equipment is provided with means for locking in the open position, it shall not be possible to lock the equipment during the test.

9.2.7 Vacant

9.2.8 Conduit pull-out test, torque test and bending test with metallic conduits

9.2.8.1 General

The test shall be made with an appropriate sized metal conduit (300 ± 10) mm long.

The polymeric enclosure shall be installed according to the manufacturer's instructions, in the most unfavourable position.

The tests shall be made on the same conduit entry, this being the most unfavourable entry.

The tests shall be made in the sequence 9.2.8.2, 9.2.8.3 and 9.2.8.4.

9.2.8.2 Pull-out test

The conduit shall be screwed without jerk into the entry with a torque equal to two-thirds of the values given in Table 22. A direct pull shall be applied, without jerk, to the conduit for 5 min.

Unless otherwise specified in the relevant product standard, the pulling force shall be according to Table 20.

After the test, the displacement of the conduit in relation with the entry shall be less than one thread depth and there shall be no evidence of damage impairing further use of the enclosure.

9.2.8.3 Bending test

A slowly increasing bending moment shall be applied without jerk to the free end of the conduit.

When the bending moment results in a deflection of the conduit of 25 mm per 300 mm length, or the bending moment has reached the value given in Table 21, the moment is maintained for 1 min. The test is then repeated in a perpendicular direction.

After the test there shall be no evidence of damage impairing further use of the enclosure.

9.2.8.4 Torque test

The conduit shall be tightened without jerk with a torque according to Table 22.

The torque test does not apply to an enclosure that is not provided with a pre-assembled conduit entry, and that has instructions stating that the conduit entry is to be mechanically connected to the conduit before being connected to the enclosure.

For enclosures provided with a single conduit connection up to and including 16 H, the tightening torque is reduced to 25 N·m.

After the test, it shall be possible to unscrew the conduit and there shall be no evidence of damage impairing further use of the enclosure.

9.2.9 Test of earth continuity for protective earth

9.2.9.1 General

All exposed conductive parts of the control or switching device and/or its enclosure shall be stated in the test report.

For each of the exposed conductive parts the test shall be performed.

9.2.9.2 Earth continuity test

A current of minimum 10 A (AC or DC) shall be passed between the exposed conductive part and the protective earth terminal and the voltage drop is measured. The cross-section of the wire used for testing shall be selected according to the value of the test current.

Where equipment is tested which is likely to be adversely affected by the test current it is recommended to limit the duration of the test.

9.2.9.3 Test results

The resistance calculated by the voltage drop and the measurement current shall not exceed 0,1 Ω .

9.3 Performance

9.3.1 Test sequences

Where applicable, the relevant product standard shall specify the test sequences to which the equipment is to be submitted.

9.3.2 General test conditions

9.3.2.1 General requirements

The equipment to be tested shall agree in all its essential details with the design of the type which it represents.

Unless otherwise stated in the relevant product standard, each test, whether individual or test sequence, shall be made on equipment in a clean and new condition.

Unless otherwise stated, the tests shall be made with the same kind of current (and, in the case of alternating current, at the same rated frequency and with the same number of phases) as in the intended service.

The relevant product standard shall specify those values of test quantities not specified in this document.

If, for convenience of testing, it appears desirable to increase the severity of a test (e.g. to adopt a higher rate of operation in order to reduce the duration of the test), this may be done only with the consent of the manufacturer.

Equipment under test shall be mounted complete on its own support or an equivalent support and connected as in normal service, in accordance with the manufacturer's instructions and under the ambient conditions stated in 7.1.

The tightening torques to be applied to the terminal screws shall be in accordance with the manufacturer's instructions or, in the absence of such instructions, in accordance with Table 4.

Equipment having an integral enclosure (see 3.3.17) shall be mounted complete and any opening normally closed in service shall be closed for tests.

Equipment intended for use only in an individual enclosure shall be tested in the smallest of such enclosures stated by the manufacturer.

All other equipment shall be tested in free air. If such equipment may also be used in specified individual enclosures and has been tested in free air, it shall be additionally tested in the smallest of such enclosures stated by the manufacturer, for specific tests which shall be specified in the relevant product standard and stated in the test report.

However, if such equipment may also be used in specified individual enclosures and is tested throughout in the smallest of such enclosures stated by the manufacturer, the tests in free air need not be made provided that such enclosure is bare metallic, without insulation. Details, including the dimensions of the enclosure, shall be stated in the test report.

For the test in free air, unless otherwise specified in the relevant product standard, for the test concerning making and breaking capacities and performance under short-circuit conditions, a metallic screen shall be placed at all points of the equipment likely to be a source of external phenomena capable of producing a breakdown, in accordance with the arrangements and distances specified by the manufacturer. Details, including distance from the equipment under test to the metallic screen, shall be stated in the test report.

The characteristics of the metallic screen shall be as follows:

- structure: woven wire mesh; or
perforated metal; or
expanded metal;
- material: steel;
- thickness or diameter of material: 1,5 mm minimum;
- ratio hole area/total area: 0,45 to 0,65;
- size of hole: not exceeding 30 mm²;
- coating: bare, or conductive plating;
- resistance: shall be included in the calculation for the prospective fault current in the fusible element circuit (see 9.3.3.5.2 g) and 9.3.4.1.2 d)), measured from the furthest point on the metallic screen likely to be reached by arc emissions.

Maintenance or replacement of parts is not permitted, unless otherwise specified in the relevant product standard.

The equipment may be operated without load prior to beginning a test.

For the tests, the actuating system of mechanical switching devices shall be operated as for the intended use in service stated by the manufacturer and at the rated values of control quantities (such as voltage or pressure), unless otherwise specified in this document or the relevant product standard.

NOTE Tests according to the requirements of this document do not preclude the need for additional tests concerning equipment incorporated in assemblies, for example tests in accordance with IEC 61439 series.

9.3.2.2 Test quantities

9.3.2.2.1 Values of test quantities

All the tests shall be made with the values of test quantities corresponding to the ratings assigned by the manufacturer, in accordance with the relevant tables and data of the relevant product standard.

9.3.2.2.2 Tolerances on test quantities

The test recorded in the test report shall be within the tolerances given in Table 18, unless otherwise specified in the relevant subclauses. However, with the agreement of the manufacturer, the tests may be made under more severe conditions than those specified.

9.3.2.2.3 Recovery voltage

a) Power-frequency recovery voltage

For all breaking capacity and short-circuit breaking capacity tests, the value of the power-frequency recovery voltage shall be 1,05 times the value of the rated operational voltage as assigned by the manufacturer or as specified in the relevant product standard.

NOTE 1 The value of 1,05 times the rated operational voltage for the power frequency recovery voltage, together with the test voltage tolerance according to Table 18, is deemed to cover the effects of variations of the supply network voltage under normal service conditions, according to IEC 60038.

NOTE 2 The applied voltage can be increased but not to exceed the prospective peak making current without the consent of the manufacturer.

NOTE 3 The upper limit of the power-frequency recovery voltage can be increased with the approval of the manufacturer (see 9.3.2.2.2).

b) Transient recovery voltage

Transient recovery voltages, where required in the relevant product standard, are determined according to 9.3.3.5.2.

9.3.2.3 Evaluation of test results

Behaviour of the equipment during the tests and its condition after the tests shall be specified in the relevant product standard. For short-circuit tests, see also 9.3.4.1.7 and 9.3.4.1.9.

9.3.2.4 Test reports

Written reports on type tests proving compliance with the relevant product standard shall be made available by the manufacturer. The details of test arrangements such as type and size of the enclosure, if any, size of conductors, distance from the live parts to the enclosure or to parts normally earthed in service, method of operation of the actuating system, etc., shall be given in the test report.

Test values and parameters shall form part of the test report.

9.3.3 Performance under no-load, normal load and overload conditions

9.3.3.1 Operation

Tests shall be made to verify that the equipment operates correctly according to the requirements of 8.2.1.1.

9.3.3.2 Operating limits

9.3.3.2.1 Power operated equipment

It shall be verified that the equipment opens and closes correctly within the limiting values of the control quantities, such as voltage, current, air pressure and temperatures, specified in the relevant product standard. Tests are made with no current flowing through the main circuit, unless otherwise specified.

In the case of a power operated equipment with electronically controlled electromagnet, supplied with alternating current, where a drop out range is declared with limits between 75 % to 10 % of their rated control circuit supply voltage U_s , the equipment shall, in addition, be submitted to the capacitive drop out test as follows:

A capacitor C shall be inserted in series in the supply circuit U_s , the total length of the connecting conductors being ≤ 3 m. The capacitor is short-circuited by a switch of negligible impedance. The supply voltage shall then be adjusted to 110 % U_s .

It shall be verified that the equipment drops out when the switch is operated to the open position.

The value of the capacitor shall be

$$C = 30 + 200\,000 / (f \times U)$$

where

C is expressed in nF;

f is the minimum rated frequency expressed in Hz;

U is the maximum value of U_s expressed in V.

For example for a coil rated 12...24 V – 50 Hz, the capacitor value is 196 nF (calculation made with U_s max).

The test voltage is the highest value of the declared rated supply voltage range U_s .

NOTE The value of the capacitor simulates a typical control wiring of 100 m long cable of 1,5 mm² (0,3 nF/m that is 30 nF for 100 m) connected to a static output having a 1,3 mA leakage current (200 000 in the formula $\frac{10^9 \times 1,3 \times 10^{-3}}{2 \times \pi}$).

9.3.3.2.2 Relays and releases

The operating limits of relays and releases shall comply with the following requirements. These requirements shall be verified according to the test procedure defined in the relevant product standard.

For undervoltage relays and releases, see 8.2.1.3.

For shunt releases, see 8.2.1.4.

For current operated relays and releases, see 8.2.1.5.

9.3.3.3 Temperature-rise

9.3.3.3.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be recorded during the last quarter of the test period by at least two temperature sensors equally distributed around the equipment at about half its height and at a distance of about 1 m from the equipment. The temperature sensors shall be protected against air currents, heat radiation and indicating errors due to rapid temperature changes.

NOTE Thermocouple or thermometers are example of temperature sensors.

During the test, the ambient air temperature shall be between +10 °C and +40 °C and shall not vary by more than 10 K. The ambient air temperature shall not vary by more than 3 K during the last quarter of the test or the last hour of the test, whichever is the shorter. The test shall be conducted until this condition is achieved.

9.3.3.3.2 Measurement of the temperature of parts

For parts other than coils, the temperature of the different parts shall be measured by suitable temperature sensing means at those points most likely to attain the maximum temperature; these points shall be stated in the test report.

The oil temperature of oil-immersed equipment shall be measured at the upper part of the oil; this measurement may be made by means of a thermometer.

The temperature sensing means shall not significantly affect the temperature-rise.

Good thermal conductivity between the temperature sensing means and the surface of the part under test shall be ensured.

For electromagnet coils, the method of measuring the temperature by variation of resistance shall generally be used. Other methods are permitted only if it is impracticable to use the resistance method, for example for electronically controlled electromagnet. When measured by another method than the resistance method the limits of temperature rise permitted shall be adjusted accordingly. The product standard shall state the method and the limits.

In the case of an electronically controlled electromagnet, coil temperature measuring by variation of resistance may be impracticable; in such a case, other methods are permitted, e.g. thermocouples or other suitable methods. When measured by another method than the resistance method the limits of temperature rise permitted shall be adjusted accordingly. The product standard shall state the method and the limits.

The temperature of the coils before beginning the test shall not differ from that of the surrounding medium by more than 3 K.

For copper conductors, the value of the hot temperature T_2 , may be obtained from the value of the cold temperature T_1 , as a function of the ratio of the hot resistance R_2 to the cold resistance R_1 by the following formula:

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (T_1 + 234,5) - 234,5$$

where T_1 and T_2 are expressed in degrees Celsius.

The test shall be made for a time sufficient for the temperature-rise to reach a steady-state value, but not exceeding 8 h. It is assumed that a steady state is reached when the variation does not exceed 1 K per hour.

9.3.3.3.3 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of the part measured in accordance with 9.3.3.3.2, and the ambient air temperature measured in accordance with 9.3.3.3.1.

9.3.3.3.4 Temperature-rise of the main circuit

The equipment shall be mounted as specified in 9.3.2.1 and shall be protected against abnormal external heating or cooling.

For the conventional thermal current test (free air or enclosed), equipment having an integral enclosure and equipment only intended for use with a specified type of enclosure shall be tested in its enclosure. No opening giving false ventilation shall be allowed.

Equipment intended for use with more than one type of enclosure shall be tested either in the smallest enclosure stated by the manufacturer to be suitable or tested without an enclosure. If tested without an enclosure the manufacturer shall be prepared to state a value of conventional enclosed thermal current (see 5.3.2.2).

For tests with multiphase currents, the current shall be balanced in each phase within $\pm 5\%$, and the average of these currents shall be not less than the appropriate test current.

Unless otherwise specified in the relevant product standard, the temperature-rise test of the main circuit is made at one or both of the conventional thermal currents, as defined in 5.3.2.1 and 5.3.2.2 and may be made at any convenient voltage.

When the heat exchange between the main circuit, the control circuit and the auxiliary circuits may be of significance, the temperature-rise tests stated in 9.3.3.3.4, 9.3.3.3.5, 9.3.3.3.6 and 9.3.3.3.7 shall be made simultaneously, in so far as this is allowed by the relevant product standard.

Tests on DC rated equipment may be made with an AC supply for convenience of testing, but only with the consent of the manufacturer.

In the case of multipole equipment fitted with identical poles and tested with alternating current the test may be carried out, subject to the manufacturer's agreement, with single-phase current, with all phase poles connected in series provided that magnetic effects can be neglected.

In the case of equipment provided with a neutral pole different from the phase poles, the test shall comprise

- a multi-phase test on identical poles; and
- a single-phase test on the neutral pole connected in series with the adjacent pole, the value of the test quantities being determined according to the value of the conventional thermal current (free air or enclosed) of the neutral pole (see 8.1.9).

Equipment provided with short-circuit protective devices shall be tested according to the requirements given in the relevant product standard.

At the end of the test, the temperature-rise of the different parts of the main circuit shall not exceed the values given in Table 2 and Table 3, unless otherwise specified in the relevant product standard.

Depending on the value of the conventional thermal current (free air or enclosed), one of the following test connection arrangements shall be used:

- i) For values of test current up to and including 400 A:
 - a) The connections shall be single-core, PVC insulated, copper conductors with cross-sections as given in Table 9.
 - b) The connections shall be in free air, and spaced at approximately the distance existing between the terminals.
 - c) For single-phase or multi-phase tests the minimum length of any temporary connection from an equipment terminal to another terminal or to the test supply or to a star point shall be
 - 1 m for cross-sections up to and including 35 mm² (or AWG 2);
 - 2 m for cross-sections larger than 35 mm² (or AWG 2).
- ii) For values of test current higher than 400 A but not exceeding 800 A:

- a) The connections shall be single-core, PVC insulated, copper conductors with cross-section as given in Table 10, or the equivalent copper bars given in Table 11, as recommended by the manufacturer.
 - b) The connections specified in a) shall be spaced at approximately the same distance as that between the terminals. Copper bars shall be painted matt black. Multiple parallel conductors per terminal shall be bunched together and arranged with approximately 10 mm air space between each other. Multiple copper bars per terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar thickness. If the sizes stated for the bars are not suitable for the terminals, or are not available, other bars having approximately the same cross-sections and approximately the same or smaller cooling areas may be used. Copper conductors or bars shall not be laminated.
 - c) For single-phase or multi-phase tests the minimum length of any temporary connection from the equipment terminal to another terminal or to the test supply shall be 2 m. The minimum length to a star point may be reduced to 1,2 m.
- iii) For values of test current higher than 800 A but not exceeding 3 150 A:
- a) The connections shall be copper bars of the sizes stated in Table 11 unless the equipment is designed only for cable connection. In this case, the size and arrangement of the cables shall be as specified by the manufacturer.
 - b) Copper bars shall be spaced at approximately the same distance as that between the terminals. Copper bars shall be painted matt black. Multiple copper bars per terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar thickness. If the sizes stated for the bars are not suitable for the terminals, or are not available, other bars having approximately the same or smaller cooling areas may be used. Copper bars shall not be laminated.
 - c) For single-phase or multi-phase tests the minimum length of any temporary connection from an equipment terminal to another terminal or to the supply shall be 3 m, but this can be reduced to 2 m provided that the temperature-rise at the supply end of the connection is not more than 5 K below the temperature-rise in the middle of the connection length. The minimum length to a star point shall be 2 m.
- iv) For values of test current higher than 3 150 A:
- Agreement shall be reached between manufacturer and user on all relevant items of the test, such as: type of supply, number of phases and frequency (where applicable), cross-sections of test connections, etc. This information shall form part of the test report.

9.3.3.3.5 Temperature-rise of control circuits

The temperature-rise tests of control circuits shall be made with the specified current and, in the case of alternating current, at the rated frequency. Control circuits shall be tested at their rated voltage.

Circuits intended for continuous operation shall be tested for a sufficient time for the temperature-rise to reach a steady-state value.

Circuits for intermittent duty shall be tested as prescribed in the relevant product standard.

At the end of these tests the temperature-rise of the different parts of the control circuits shall not exceed the values specified in 8.2.2.6, unless otherwise specified in the relevant product standard.

9.3.3.3.6 Temperature-rise of coils of electromagnets

Coils and electromagnets shall be tested according to the conditions given in 8.2.2.7.

They shall be tested for a sufficient time for the temperature-rise to reach a steady-state value.

The temperature shall be measured when thermal equilibrium is reached in both the main circuit and the coil of the electromagnet.

Coils and electromagnets of equipment intended for intermittent duty shall be tested as prescribed in the relevant product standard.

At the end of these tests the temperature-rise of the different parts shall not exceed the values specified in 8.2.2.7.

9.3.3.3.7 Temperature-rise of auxiliary circuits

The temperature-rise tests of auxiliary circuits shall be made under the same conditions as those specified in 9.3.3.3.5, but may be carried out at any convenient voltage.

At the end of these tests the temperature-rise of the auxiliary circuits shall not exceed the values specified in 8.2.2.8.

9.3.3.4 Dielectric properties

9.3.3.4.1 Type tests

1) General conditions for withstand voltage tests

The equipment to be tested shall comply with the general requirements of 9.3.2.1.

If the equipment is to be used without an enclosure it shall be mounted on a metal plate and all exposed conductive parts (frame, etc.) intended to be connected to the protective earth in normal service shall be connected to that plate.

When the base of the equipment is of insulating material, metallic parts shall be placed at all of the fixing points in accordance with the conditions of normal installation of the equipment and these parts shall be considered as part of the frame of the equipment.

Any actuator of insulating material and any integral non-metallic enclosure of equipment intended to be used without an additional enclosure shall be covered by a metal foil and connected to the frame or the mounting plate. The foil shall only be applied to those parts of surface which can be touched with the standard test finger (probe according to IPXXB of IEC 60529:1989) during operation or adjustment of the equipment from the direction of approach to the device or component. Annex R defines the application of the metal foil on accessible parts during operation or adjustment. If the insulation part of an integral enclosure cannot be touched by the standard test finger due to the presence of an additional enclosure, no foil shall be required.

When the dielectric strength of the equipment is dependent upon the taping of leads or the use of special insulation, such taping or special insulation shall also be used during the tests.

For the dielectric test between phases, all circuits between these phases may be disconnected for the test.

NOTE 1 The purpose of this test is to check the functional insulation only.

When the circuits of equipment include devices such as motors, instruments, snap switches, capacitors and solid state devices which, according to their relevant specifications, have been subjected to dielectric test voltages lower than those specified in this document, such devices shall be disconnected for the test.

Where the control circuit normally connected to the main circuit is disconnected, the method used to maintain the main contacts closed shall be indicated in the test report.

For the dielectric test between phase and earth, all circuits shall be connected.

NOTE 2 The connection of all circuits for this test takes into account the function of protection against electric shock of the insulation between phase and earth.

Printed circuit boards and modules with multi-point connectors may be disconnected or replaced by dummies during the insulation test. This does not apply, however, to auxiliaries for which, in case of an insulation fault, voltage may pass onto accessible parts not connected to the housing or from the side of higher voltage to the side of lower voltage, e.g. auxiliary transformers, measuring equipment, pulse transformers, the insulation stress of which is equal to that for the main circuit.

2) Verification of impulse withstand voltage

a) General

The requirements of IEC 61180 apply except where modified below.

NOTE 3 For devices already type-tested according to edition 5, its Amendment 1 or 2, or earlier editions of this document, a retesting of impulse voltage tests is not necessary.

The verification of the insulation is made by a test at the rated impulse withstand voltage.

If equipment contains any part for which the dielectric properties are not sensitive to altitude (e.g. optocouplers, encapsulated parts), then the verification of the insulation may be alternatively performed by a test at the rated impulse withstand voltage without application of the altitude correction factor. These parts shall then be disconnected and the remainder of the equipment shall be tested with the rated impulse withstand voltage using the altitude correction factor.

Clearances equal to or larger than the values of case A of Table 13 may be verified by measurement, according to the method described in Annex G.

b) Test voltage

The test voltage shall be that specified in 8.2.3.2.

For equipment incorporating overvoltage suppressing means, they shall be disconnected for the test.

The impulse is applied five times for each polarity at intervals of 1 s minimum.

The influence of the equipment on the wave shape of the impulse, if any is ignored. Therefore the measurement of the test voltage and determination of impulse shape according to 7.1.4 of IEC 61180:2016 and the verification of the waveshape according to 7.2.1 of IEC 61180:2016 may be omitted, in such case the waveshape has to be monitored by oscillographic means in order to detect the disruptive discharges

If, in the course of a test procedure, repeated dielectric testing is required, the relevant product standard shall state the dielectric test conditions.

c) Application of test voltage

With the equipment mounted and prepared as specified in item a) above, the test voltage is applied as follows:

- i) between all the terminals of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the enclosure or mounting plate, with the contacts in all normal positions of operation;
- ii) between each pole of the main circuit and the other poles connected together and to the enclosure or mounting plate, with the contacts in all normal positions of operation;
- iii) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and:
 - the main circuit,
 - the other circuits,
 - the exposed conductive parts,
 - the enclosure or mounting plate,
 which, wherever appropriate, may be connected together;
- iv) for equipment suitable for isolation, across the poles of the main circuit, the line terminals being connected together and the load terminals connected together.

The test voltage shall be applied between the line and load terminals of the equipment with the contacts in the open position and its value shall be as specified in item 1) b) of 8.2.3.2.

For equipment not suitable for isolation, the requirements for testing with the contacts in the open position shall be stated in the relevant product standard.

d) Acceptance criteria

There shall be no unintentional disruptive discharge during the tests.

NOTE 4 An exception is an intentional disruptive discharge, for example by transient overvoltage suppressing means.

NOTE 5 The term "disruptive discharge" related to phenomena associated with the failure of insulation under electrical stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero.

NOTE 6 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

NOTE 7 The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a dielectric in a gaseous or liquid medium.

NOTE 8 The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

NOTE 9 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength, in a liquid or gaseous dielectric, the loss can be only temporary.

3) Power-frequency or DC withstand verification of solid insulation

a) General

This test applies to the verification of solid insulation and the ability to withstand temporary overvoltages.

The values of Table 19 are deemed to cover the ability to withstand temporary overvoltages (see the footnote b of Table 19).

Product with AC rating shall be tested with power frequency voltage, and product with DC rating shall be tested with DC voltage.

NOTE 10 For devices already type-tested according to edition 5, its Amendment 1 or 2, or earlier editions of this document, a retesting of DC circuits with DC test voltage is not necessary.

b) Test voltage

IEC 61180 applies for the provision of the test voltage, the tolerances of the test voltage, the uncertainty of measurement and the test equipment.

The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

The value of the test voltage shall be as follows:

- i) for the main circuit, and for the control and auxiliary circuits, in accordance with Table 19.
- ii) if an alternating test voltage cannot be applied, for example due to EMC filter components, a direct test voltage may be used having the value of Table 19, third column.

c) Application of test voltage

The test voltage shall be applied to for 60 s in accordance with items i), ii) and iii) of 2) c) above.

NOTE 11 For devices already type-tested according to edition 5, its Amendment 1 or 2, or earlier editions of this document, a retesting according to 60 s is not necessary.

d) Acceptance criteria

During the test, no flashover, breakdown of insulation either internally (puncture) or externally (tracking) or any other manifestation of disruptive discharge shall occur. Any glow discharge shall be ignored.

Components connected between phase and earth may be damaged during the tests but such failure shall not result in a condition that would lead to a hazardous situation. Product standards may give specific acceptance criteria.

NOTE 12 The voltage levels to earth are based on IEC 60664-1 under worst case conditions which generally do not occur in practice.

4) Power-frequency or DC withstand verification after switching and short-circuit tests

a) General

The test should be performed on the equipment whilst it remains mounted for the switching or short-circuit tests. If this is not practicable, it may be disconnected and removed from the test circuit, although measures shall be taken to ensure that this does not influence the result of the test.

b) Test voltage

The requirements of 3) b) above shall apply except that the value of the test voltage shall be $2 U_e$ with a minimum of 1 000 V AC RMS or 1 415 V DC. The value of U_e referred to is that at which switching and/or short-circuit tests have been performed.

When an AC equipment cannot be tested with AC voltage (for example due to EMC filter components) it shall be tested with direct current supply. The test voltage shall be $2 \times \sqrt{2} U_e$ with a minimum of 1 415 V DC.

NOTE 13 For devices already type-tested according to edition 5, its Amendment 1 or 2, or earlier editions of this document, a retesting of DC circuits with DC test voltage is not necessary.

c) Application of test voltage

The requirements of 3) c) above shall apply. The application of the metal foil, according to item 1) to 9.3.3.4.1, is not required.

d) Acceptance criteria

The requirements of 3) d) above shall apply.

5) Vacant

6) Vacant

7) Verification of creepage distances

The shortest creepage distances between phases, between circuit conductors at different voltages and live and exposed conductive parts shall be measured. The measured creepage distance with respect to material group and pollution degree shall comply with the requirements of 8.2.3.5.

8) Verification of leakage current of equipment suitable for isolation

Tests shall be specified in the relevant product standard.

9.3.3.4.2 Routine tests

1) Impulse withstand voltage

The tests shall be performed in accordance with item 2) of 9.3.3.4.1. The test voltage shall be not less than 30 % of the rated impulse withstand voltage (without altitude correction factor) or $2 U_i$ whichever is the higher.

2) Power-frequency withstand voltage

a) Test voltage

The test apparatus shall be the same as that stated in item 3) b) of 9.3.3.4.1 except that the overcurrent trip should be set at 25 mA. In the case of equipment with high capacitance, a higher trip setting may be necessary.

However, at the discretion of the manufacturer for safety reasons, test apparatus of a lower power or trip setting may be used, but the short-circuit current of the test apparatus shall be at least eight times the nominal trip setting of the overcurrent relay, for example for a transformer with a short-circuit current of 40 mA, the maximum trip setting of the overcurrent relay shall be $5 \text{ mA} \pm 1 \text{ mA}$.

The value of the test voltage shall be $2 U_e$ with a minimum of 1 000 V RMS

NOTE In the case of multiple values, U_e refers to the highest value marked on the equipment or given in the manufacturer's documentation.

b) Application of test voltage

The requirements of item 3) c) of 9.3.3.4.1 shall apply, except that the duration of the test voltage shall be 1 s only.

However, as an alternative, a simplified test procedure may be used if it is considered to subject the insulation to an equivalent dielectric stress.

c) Acceptance criteria

The overcurrent relay shall not trip.

3) Combined impulse voltage and power-frequency withstand voltage

Product standards may specify if the tests of items 1) and 2) above may be replaced by a single power frequency withstand test where the peak value of the sinusoidal wave corresponds to the value stated in items 1) or 2), whichever is the higher.

4) In no case the application of the metal foil according to 9.3.3.4.1 1) is required.

9.3.3.4.3 Sampling tests for verification of clearances

1) General

These tests are intended to verify the maintaining of the design conformity regarding clearances and are only applicable to equipment with clearances smaller than those corresponding to Table 13, case A.

2) Test voltage

The test voltage shall be that corresponding to the rated impulse withstand voltage.

The relevant product standards shall state sampling plans and procedure.

3) Application of test voltage

The requirements of item 2) c) of 9.3.3.4.1 shall apply, except that the metal foil need not be applied to the actuator or the enclosure.

4) Acceptance criteria

No disruptive discharge shall occur.

9.3.3.4.4 Tests for equipment with protective separation

Tests for equipment with protective separation are given in Annex N.

9.3.3.5 Making and breaking capacities

9.3.3.5.1 General test conditions

Tests for verification of making and breaking capacities shall be made according to the general test requirements stated in 9.3.2.

The tolerances for individual phases shall be in accordance with Table 18 unless otherwise stated.

Four-pole equipment shall be tested as three-pole equipment with the unused pole, which in the case of equipment provided with a neutral pole is the neutral pole, connected to the frame. If all poles are identical, one test on three adjacent poles is sufficient. If not, an additional test shall be made between the neutral pole and the adjacent pole, according to Figure 4, at the rated current of the neutral pole and at the phase-to-neutral voltage, with the other two unused poles connected to the frame.

For transient recovery voltages, in the case of breaking capacity tests under normal load and overload conditions, values shall be specified in the relevant product standard.

9.3.3.5.2 Test circuit

- a) Figure 3, Figure 4, Figure 5 and Figure 6 give the diagrams of the circuits to be used for the tests concerning
 - single-pole equipment on single-phase AC or DC (Figure 3);
 - two-pole equipment on single-phase AC or DC (Figure 4);
 - three-pole equipment or three single-phase equipment on three-phase AC (Figure 5);
 - four-pole equipment on three-phase four-wire AC (Figure 6);

A detailed diagram of the circuit used for the test shall be given in the test report.

- b) The prospective current at the supply terminals of the equipment shall be not less than 10 times the test current or 50 kA, whichever is the lower.
- c) The test circuit comprises the supply source, the equipment D under test and the load circuit.
- d) The load circuit shall consist of resistors and air-cored reactors in series. Air-cored reactors in any phase shall be shunted by resistors taking approximately 0,6 % of the current through the reactor.

However, where a transient recovery voltage is specified, instead of the 0,6 % shunt resistors, parallel resistors and capacitors shall be included across the load, the complete load circuit being as shown in Figure 8.

NOTE 1 For DC tests where $L/R > 10$ ms an iron-cored reactor can be used with series resistors, if necessary, verifying with an oscilloscope that the L/R value is as specified ($^{+15}_0$ %), and that the time required to obtain 95 % of the current made is equal to $3 \times L/R \pm 20$ %.

Where a transient inrush current is specified (e.g. utilization categories AC-5b, AC-6 and DC-6), a different type of load may be specified in the relevant product standard.

- e) The loads shall be adjusted to obtain, at the specified voltage:
 - the value of current and power-factor or time-constant specified in the relevant product standard;
 - the value of the power-frequency recovery voltage;
 - where specified, the oscillatory frequency of the transient recovery voltage and the value of the factor γ .

The factor γ is the ratio of the value U_1 of the highest peak of the transient recovery voltage to the instantaneous value U_2 , at the instant of current zero, of the component of the recovery voltage at power frequency (see Figure 7).

- f) The test circuit shall be earthed at one point only. This could be either the load star-point or the supply star-point. The position of this point shall be stated in the test report.

The sequence of connection of R and X (see Figure 8, Figure 8a) and Figure 8b)) shall not be changed between the adjustment and the test.

- g) All parts of the equipment normally earthed in service, including the enclosure or the screens, shall be insulated from earth and connected as indicated in Figure 3, Figure 4, Figure 5 or Figure 6.

This connection shall comprise a fusible element F consisting of a copper wire 0,8 mm in diameter and at least 50 mm long, or an equivalent fusible element, for the detection of the fault current.

The prospective fault current in the fusible-element circuit shall be $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, except as stated in Notes 2 and 3. If necessary, a resistor limiting the current to that value shall be used.

NOTE 2 A copper wire of 0,8 mm in diameter will melt at 1 500 A in approximately half a cycle at a frequency between 45 Hz to 67 Hz (or 0,01 s for direct current).

NOTE 3 In the case of a supply having an artificial neutral, a lower prospective fault current can be accepted, subject to the manufacturer's agreement, with a smaller diameter wire according to the following list.

List of diameter of copper wire (in millimetre) related to the prospective fault current in the fusible element circuit (in Ampere):

0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

NOTE 4 For the value of the resistance of the fusible element, see 9.3.2.1.

9.3.3.5.3 Characteristics of transient recovery voltage

To simulate the conditions in circuits including individual motor loads (inductive loads), the oscillatory frequency of the load circuit shall be adjusted to the value

$$f = 2\,000 \times I_c^{0,2} \times U_e^{-0,8} \pm 10\ \%$$

where

f is the oscillatory frequency, in kHz;

I_c is the breaking current, in A;

U_e is the rated operational voltage of the equipment in V.

The factor γ shall be adjusted to the value

$$\gamma = 1,1 \pm 0,05$$

The value of reactance necessary for the test may be obtained by coupling several reactors in parallel on condition that the transient recovery voltage can still be considered as having only one oscillatory frequency. This is generally the case when the reactors have practically the same time-constant.

The load terminals of the equipment shall be connected as closely as possible to the terminals of the adjusted load circuit. The adjustment should be made with these connections in place.

Depending on the position of the earthing, two procedures for the adjustment of the load circuit are given in Annex E.

9.3.3.5.4 Vacant

9.3.3.5.5 Test procedure for making and breaking capacities

The number of operations, the "ON" and "OFF" times and the ambient conditions shall be stated in the relevant product standard.

9.3.3.5.6 Behaviour of the equipment during and after making and breaking capacity tests

The criteria for acceptance during and after the tests shall be stated in the relevant product standard.

9.3.3.6 Operational performance capability

Tests shall be made to verify compliance with the requirements of 8.2.4.2. The test circuit shall be in accordance with 9.3.3.5.2 and 9.3.3.5.3.

Detailed test conditions shall be stated in the relevant product standard.

9.3.3.7 Durability

9.3.3.7.1 General

Durability tests are intended to verify the number of operating cycles that an equipment is likely to be capable of performing without repair or replacement of parts.

The durability tests form the basis of a statistical life estimate, where the manufactured quantities permit this.

9.3.3.7.2 Mechanical durability

During the test, there shall be no voltage or current in the main circuit. The equipment may be lubricated before the test, if lubrication is prescribed in normal service.

The control circuit shall be supplied at its rated voltage and, where applicable, at its rated frequency.

Pneumatic and electro-pneumatic equipment shall be supplied with compressed air at the rated pressure.

Manually operated equipment shall be operated as in normal service.

The number of operating cycles shall be not less than that prescribed in the relevant product standard.

For equipment fitted with opening relays or releases, the total number of opening operations to be performed by such relays or releases shall be stated in the relevant product standard.

Evaluation of test results shall be defined in the relevant product standard.

9.3.3.7.3 Electrical durability

The test conditions are those of 9.3.3.7.2 except that the main circuit is energized according to the requirements of the relevant product standard.

Evaluation of test results shall be defined in the relevant product standard.

9.3.3.8 Pole impedance

The pole impedance shall be determined during the test and with the conditions given in 9.3.3.3.4. The test in an enclosure is not deemed necessary even if the switching device can be used in an individual enclosure.

The voltage drop U_d shall be measured between the line and load terminals (terminals included) of the switching device using the same measuring points as for the temperature rise. The measurement shall be performed after a time sufficient for the temperature-rise to reach a steady-state value.

The impedance per pole is defined as follows:

$$Z = U_d / I_{th} [\Omega]$$

The declared value (see 6.1), in the case of multiple identical poles, shall be the average value obtained from the tests.

Care should be taken that voltage drop measurement does not significantly affect the temperature rise nor affect significantly the impedance.

NOTE The method is the same irrespective of the number of poles of the switching device.

9.3.4 Performance under short-circuit conditions

9.3.4.1 General conditions for short-circuit tests

9.3.4.1.1 General requirements

Subclause 9.3.4 specifies the test conditions for verification of the ratings and limiting values of 8.2.5. Additional requirements regarding test procedure, operating and test sequences, condition of equipment after the tests and tests of co-ordination of the equipment with short-circuit protective devices (SCPD) are given in the relevant product standard.

The general requirements of 9.3.2.1 apply. The control mechanism shall be operated under the conditions specified in the relevant product standard. If the mechanism is electrically or pneumatically controlled, it shall be supplied at the minimum voltage or the minimum pressure as specified in the relevant product standard. It shall be verified that the equipment operates correctly on no-load when it is operated under the above conditions.

Additional test conditions may be specified in the relevant product standard.

9.3.4.1.2 Test circuit

a) Figure 9, Figure 10, Figure 11 and Figure 12 give the diagrams of the circuits to be used for the tests concerning

- single-pole equipment on single-phase AC or DC (Figure 9);
- two-pole equipment on single-phase AC or DC (Figure 10);
- three-pole equipment on three-phase AC (Figure 11);
- four-pole equipment on three-phase four-wire AC (Figure 12).

A detailed diagram of the circuit used shall be given in the test report.

For combinations with SCPDs, the relevant product standard should specify the relative arrangement between the SCPD and the equipment under test.

b) The supply S feeds a circuit including resistors R_1 , reactors X and the equipment D under test.

In all cases the supply shall have sufficient power to permit the verification of the characteristics given by the manufacturer.

The resistance and reactance of the test circuit shall be adjustable to satisfy the specified test conditions. The reactors X shall be air-cored. They shall be connected in series with the resistors R_1 , and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is permitted when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of usual service conditions, the air-cored reactor in each phase shall be shunted by a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

- c) In each test circuit (Figure 9, Figure 10, Figure 11 and Figure 12), the resistors and reactors are inserted between the supply source S and the equipment D under test. The positions of the closing device A and the current sensing devices (I_1 , I_2 , I_3) may be different. The closing device A may be located on low voltage side or alternatively on the primary side. In the latter case the testing station has to demonstrate that the voltage wave is not distorted by the residual flux of the short-circuit transformer. The connections of the equipment under test to the test circuit shall be stated in the relevant product standard.

When tests are made with current less than the rated value, the additional impedances required should be inserted on the load side of the equipment between it and the short-circuit; they may, however, be inserted on the line side, in which case this shall be stated in the test report.

This need not apply to short-time withstand current tests (see 9.3.4.3).

Unless a special agreement has been drawn up between manufacturer and user and details noted in the test report, the diagram of the test circuit shall be in accordance with the figures.

There shall be one and only one point of the test circuit which is earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral of the supply or any other convenient point, but the method of earthing shall be stated in the test report.

- d) All parts of the equipment normally earthed in service, including the enclosure or the screens, shall be insulated from earth and connected to a point as indicated in Figure 9, Figure 10, Figure 11 or Figure 12.

This connection shall comprise a fusible element F consisting of a copper wire 0,8 mm in diameter and at least 50 mm long, or of an equivalent fusible element for the detection of the fault current.

The prospective fault current in the fusible element circuit shall be $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, except as stated in Notes 2 and 3. If necessary, a resistor limiting the current to that value shall be used.

NOTE 1 A copper wire of 0,8 mm in diameter will melt at 1 500 A in approximately half a cycle at a frequency between 45 Hz and 67 Hz (or 0,01 s for direct current).

NOTE 2 In the case of a supply having an artificial neutral, a lower prospective fault current can be accepted, subject to the manufacturer's agreement, with a smaller diameter wire according to the following list.

List of diameter of copper wire (in mm) related to the prospective fault current in the fusible element circuit (in A):

0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

NOTE 3 For the value of the resistance of the fusible element, see 9.3.2.1.

9.3.4.1.3 Power-factor of the test circuit

For alternating current, the power-factor of each phase of the test circuit should be determined according to an established method which shall be stated in the test report.

Two examples are given in Annex F.

The power-factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power-factors of each phase.

The power-factor shall be in accordance with Table 16.

The difference between the mean value and the maximum and minimum values of the power-factors in the different phases shall remain within $\pm 0,05$.

9.3.4.1.4 Time-constant of the test circuit

For direct current, the time-constant of the test circuit may be determined according to the method given in Clause F.2.

The time-constant shall be in accordance with Table 16.

9.3.4.1.5 Calibration of the test circuit

The calibration of the test circuit is carried out by placing temporary connections B of negligible impedance as close as reasonably possible to the terminals provided for connecting the equipment under test.

For alternating current, resistors R_1 and reactors X are adjusted so as to obtain, at the applied voltage, a current equal to the rated short-circuit breaking capacity as well as the power-factor specified in 9.3.4.1.3.

In order to determine the short-circuit making capacity of the device under test from the calibration oscillogram, it is necessary to calibrate the circuit so as to ensure that the prospective making current is achieved in one of the phases.

NOTE The applied voltage is the open circuit voltage necessary to produce the specified power-frequency recovery voltage (but see also Note 1 of 9.3.2.2.3).

For direct current, resistors R_1 and reactors X are adjusted so as to obtain, at the test voltage, a current the maximum value of which is equal to the rated short-circuit breaking capacity as well as the time-constant specified in 9.3.4.1.4.

The test circuit is energized simultaneously in all poles and the current curve is recorded for a duration of at least 0,1 s.

For DC switching devices parting their contacts before the peak value of the calibration curve is reached, it is sufficient to make a calibration record with additional pure resistance in the circuit to demonstrate that the rate of rise of the current expressed in A/s is the same as for the test current and the time-constant specified (see Figure 15). This additional resistance shall be such that the peak value of the calibration current curve is at least equal to the peak value of the breaking current. This resistance shall be removed for the actual test (see 9.3.4.1.8, item b)).

9.3.4.1.6 Test procedure

After calibration of the test circuit in accordance with 9.3.4.1.5, the temporary connections are replaced by the equipment under test, and its connecting cables, if any.

Tests for the performance under short-circuit conditions shall be made according to the requirements of the relevant product standard.

9.3.4.1.7 Behaviour of the equipment during short-circuit making and breaking tests

There shall be neither arcing nor flashover between poles, or between poles and frame, and no melting of the fusible element F in the leakage detection circuit (see 9.3.4.1.2).

Additional requirements may be stated in the relevant product standard.

9.3.4.1.8 Interpretation of records

a) Determination of the applied voltage and power-frequency recovery voltage

The applied voltage and the power-frequency recovery voltage are determined from the record corresponding to the break test made with the apparatus under test, and evaluated as indicated in Figure 13 for alternating current and in Figure 14 for direct current.

The voltage on the supply side shall be measured during the first complete cycle after arc extinction in all poles and after high-frequency phenomena have subsided (see Figure 13).

If additional information is required regarding, for example, the voltage across individual poles, arcing time, arcing energy, etc., this may be obtained by means of additional sensing devices across each pole, in which case the resistance of each of these measuring circuits shall be not less than 100 Ω per volts of the RMS value of voltage across individual poles; this value shall be stated in the test report.

b) Determination of the prospective breaking current

This determination is made by comparing the current curves, recorded during the calibration of the circuit, with those recorded during the break test of the equipment (see Figure 13).

For alternating current, the AC component of the prospective breaking current is taken as being equal to the RMS value of the AC component of the calibration current at the instant which corresponds to the separation of the arcing contacts (value corresponding to $A_2/2\sqrt{2}$ of Figure 13, item a)). The prospective breaking current shall be the average of the prospective currents in all phases with the tolerance according to Table 18; the prospective current in each phase shall be within $\pm 10\%$ of the rated value.

NOTE 1 With the agreement of the manufacturer, the current in each phase can be within $\pm 10\%$ of the average value.

For direct current, the value of the prospective breaking current is taken as being equal to the maximum value A_2 as determined from the calibration curve for equipment breaking before the current has reached its maximum value, and to the value A for equipment breaking after the current has passed its maximum value (see Figure 14, items a) and b)).

For DC equipment tested according to the requirements of 9.3.4.1.5, when the calibration of the test circuit has been made at a current I_1 lower than the rated breaking capacity, the test is considered void if the actual breaking current I_2 is higher than I_1 , and it shall be carried out again after a calibration at a current I_3 of a higher value than I_2 (see Figure 15).

The prospective breaking current $A_2 = U/R$ shall be determined by calculating the resistance R of the test circuit from the resistors R_1 of the corresponding calibration circuits. The time-constant of the test circuit is given by

$$T = \frac{A_2}{di/dt}$$

The tolerances shall be in accordance with Table 18.

c) Determination of the prospective peak making current

The prospective peak making current is determined from the calibration record and its value shall be taken as being that corresponding to A_1 of Figure 13, item a) for alternating current and to A_2 of Figure 14 for direct current. In the case of a three-phase test it shall be taken as the highest of the three A_1 values obtained from the record.

NOTE 2 For tests on single-pole equipment, the prospective peak making current determined from the calibration record can differ from the value of the actual making current corresponding to the test, depending on the instant of making.

9.3.4.1.9 Condition of the equipment after the tests

After the tests, the equipment shall comply with the requirements of the relevant product standard.

9.3.4.2 Short-circuit making and breaking capacities

The test procedure for verification of the rated short-circuit making and breaking capacities of the equipment shall be given in the relevant product standard.

9.3.4.3 Verification of the ability to carry the rated short-time withstand current

The test shall be made with the equipment in the closed position, at a prospective current equal to the rated short-time withstand current and the corresponding operational voltage under the general conditions of 9.3.4.1.

In the case of the testing station having difficulty in making this test at the operational voltage, it may be made at any convenient lower voltage, the actual test current being, in this case, equal to the rated short-time withstand current I_{cw} . This shall be stated in the test report. If, however, momentary contact separation occurs during the test, the test shall be repeated at the rated operational voltage.

For this test, overcurrent releases, if any, likely to operate during the test, shall be made inoperative by any convenient way.

a) For alternating current:

The tests shall be made at the rated frequency of the equipment with a tolerance of $\pm 25\%$, and at the power-factor appropriate to the rated short-time withstand current in accordance with Table 16.

The value of the current during the calibration is the average of the RMS values of the AC components in all phases (see 5.3.6.1). The average value shall be equal to the rated value within the tolerances specified in Table 18.

In each phase the current shall be within $\pm 5\%$ of the rated value.

When making the test at the rated operational voltage, the calibration current is the prospective current.

When making the test at any lower voltage, the calibration current is the actual test current.

The current shall be applied for the specified time during which the RMS value of its AC component shall remain constant.

NOTE With the agreement of the manufacturer, the current in each phase can be within $\pm 10\%$ of the average value in case of testing station difficulties.

The highest peak value of the current during its first cycle shall be not less than n times the rated short-time withstand current, the value of n being that corresponding to this value of current according to Table 16.

When, however, the characteristics of the testing station are such that the above requirements cannot be obtained, the following alternatives are permitted provided that

$$\int_0^{t_{\text{test}}} i_{\text{test}}^2 dt \geq I^2 \times t_{\text{st}}$$

where

t_{test} is the duration of the test;

t_{st} is the short time;

i_{test} is the calibration current if the AC component is not constant or $\geq I_{\text{CW}}$;

I is the actual calibration current assumed to have a constant AC component.

If the decrement of the short-circuit current of the testing station is such that the rated short-time withstand current cannot be obtained for the rated time without applying initially an excessively high current, the RMS value of the current may be permitted to fall during the test below the specified value, the duration being increased appropriately, provided that the value of the highest peak current is not less than that specified.

If, in order to obtain the required peak value, the RMS value of the current has to be increased above the specified current, the duration of the test shall be reduced accordingly.

b) For direct current:

The current shall be applied for the specified time and its mean value determined from the record shall be at least equal to the specified value.

When the characteristics of the testing station are such that the above requirements cannot be obtained for the rated time without applying initially an excessively high current, the value of the current may be permitted to fall during the test below the specified value, the duration being increased appropriately, provided that the maximum value of the current is not less than that specified.

If the testing station is unable to make these tests on direct current, they may, if agreed between manufacturer and user, be made on alternating current, provided suitable precautions are taken: for instance, the peak value of current shall not exceed the permissible current.

c) Behaviour of the equipment during and after the test

Behaviour of the equipment during the test shall be defined in the relevant product standard.

After the test, it shall be possible to operate the equipment by its normal operating means.

9.3.4.4 Co-ordination with short-circuit protective devices and rated conditional short-circuit current

For co-ordination, see Annex X.

Test conditions and procedures for rated conditional short-circuit current, where applicable, shall be stated in the relevant product standard.

9.4 Tests for EMC

9.4.1 General

No tests are required for equipment not incorporating electronic circuits (see 8.3.1).

Emission and immunity tests are type tests and shall be carried out using the manufacturer's instructions for installation.

The product standard shall specify any particular test condition and additional measures necessary to verify the performance criteria of the product.

9.4.2 Immunity

9.4.2.1 General

The immunity test levels of this document correspond to the severe industrial environment defined in IEC 61000-6-2. When agreed between user and manufacturer, higher level requirements (e.g. for MV/LV substations), according to IEC 61000-6-5, apply.

Performance criteria shall be given in the product standard based on the acceptance criteria given in Table 24, in accordance with the minimum levels required in Table 23.

9.4.2.2 Electrostatic discharges

This test shall be performed according to IEC 61000-4-2 with the values given in Table 23 except where a different test level is given and justified in the product standard.

9.4.2.3 Radiated radio-frequency electromagnetic fields

This test shall be performed according to IEC 61000-4-3 with the values given in Table 23 except where a different test level is given and justified in the product standard.

9.4.2.4 Conducted disturbances induced by radio-frequency fields

This test shall be performed according to IEC 61000-4-6 with the values given in Table 23.

9.4.2.5 Electrical fast transients/bursts

This test shall be performed according to IEC 61000-4-4 with the values given in Table 23.

9.4.2.6 Surges

This test shall be performed according to IEC 61000-4-5 with the values given in Table 23.

9.4.2.7 Power frequency magnetic fields

The test method shall be in accordance with IEC 61000-4-8, with the test levels as defined by Table 23.

9.4.2.8 Voltage dips and interruptions

This test shall be performed in accordance with IEC 61000-4-11 for levels less than 16 A and in accordance with IEC 61000-4-34 for levels higher than 16 A.

9.4.3 Emission

The requirements of 8.3.3 apply.

Each product standard of this series shall specify requirements for emission, when appropriate.

**Table 1 – Nominal cross-sections of round copper conductors
and approximate relationship between mm² and AWG/kcmil sizes**
(see 8.1.8.2)

Nominal cross-section mm ²	AWG/kcmil size	Equivalent metric area mm ²
0,2	24	0,205
0,34	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
–	1	42,4
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
–	400 kcmil	203
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304

NOTE The dash, when it appears, counts as a size when considering connecting capacity (see 8.1.8.2).

Table 2 – Temperature-rise limits of terminals
(see 8.2.2.2 and 9.3.3.3.4)

Terminal material	Temperature-rise limits ^{a, c} K
Bare copper	60
Bare brass	65
Tin plated copper or brass	65
Silver plated or nickel plated copper or brass	70
Other metals	^b
^a The use in service of connected conductors significantly smaller than those listed in Table 9 and Table 10 could result in higher terminals and internal part temperatures and such conductors should not be used without the manufacturer's consent since higher temperatures could lead to equipment failure. ^b Temperature-rise limits to be based on service experience or life tests but not to exceed 65 K. ^c Different values may be prescribed by product standards for different test conditions and for devices of small dimensions, but not exceeding by more than 10 K the values of this table.	

Table 3 – Temperature-rise limits of accessible parts
(see 8.2.2.3 and 9.3.3.3.4)

Accessible parts	Temperature-rise limits ^a K
Manual operating means:	
Metallic	15
Non-metallic	25
Parts intended to be touched but not hand-held:	
Metallic	30
Non-metallic	40
Parts which need not be touched during normal operation:	
Exteriors of enclosures adjacent to cable entries:	
Metallic	40
Non-metallic	50
Exterior of enclosures for resistors	200 ^b
Air issuing from ventilation openings of enclosures for resistors	200 ^b
^a Different values may be prescribed by product standards for different test conditions and for devices of small dimensions but not exceeding by more than 10 K the values of this table. ^b The equipment shall be protected against contact with combustible materials or accidental contact with personnel. The limit of 200 K may be exceeded if so stated by the manufacturer. The manufacturer shall provide appropriate information, in accordance with 6.3.	

Table 4 – Tightening torques for the verification of the mechanical strength of screw-type terminals
(see 9.2.5.2 and 9.3.2.1)

Diameter of thread mm				Tightening torque N·m		
Metric standard values	Range of diameter			I	II	III
1,6	≤ 1,6			0,05	0,1	0,1
2,0	> 1,6	up to and including	2,0	0,1	0,2	0,2
2,5	> 2,0	up to and including	2,8	0,2	0,4	0,4
3,0	> 2,8	up to and including	3,0	0,25	0,5	0,5
–	> 3,0	up to and including	3,2	0,3	0,6	0,6
3,5	> 3,2	up to and including	3,6	0,4	0,8	0,8
4,0	> 3,6	up to and including	4,1	0,7	1,2	1,2
4,5	> 4,1	up to and including	4,7	0,8	1,8	1,8
5	> 4,7	up to and including	5,3	0,8	2,0	2,0
6	> 5,3	up to and including	6,0	1,2	2,5	3,0
8	> 6,0	up to and including	8,0	2,5	3,5	6,0
10	> 8,0	up to and including	10,0	–	4,0	10,0
12	> 10	up to and including	12	–	–	14,0
14	> 12	up to and including	15	–	–	19,0
16	> 15	up to and including	20	–	–	25,0
20	> 20	up to and including	24	–	–	36,0
24	> 24			–	–	50,0
Column I	Applies to screws without heads which, when tightened, do not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the root diameter of the screw.					
Column II	Applies to nuts and screws which are tightened by means of a screwdriver.					
Column III	Applies to nuts and screws which can be tightened by means other than a screwdriver.					

Table 5 – Test values for flexion and pull-out tests for round copper conductors
(see 9.2.5.4.1)

Conductor cross-section		Diameter of bushing hole ^{a, b}	Height H^a	Mass	Pulling force
mm ²	AWG/kcmil				
0,2	24	6,5	260	0,2	10
0,34	22	6,5	260	0,2	15
0,5	20	6,5	260	0,3	20
0,75	18	6,5	260	0,4	30
1,0	–	6,5	260	0,4	35
1,5	16	6,5	260	0,4	40
2,5	14	9,5	280	0,7	50
4,0	12	9,5	280	0,9	60
6,0	10	9,5	280	1,4	80
10	8	9,5	280	2,0	90
16	6	13,0	300	2,9	100
25	4	13,0	300	4,5	135
–	3	14,5	320	5,9	156
35	2	14,5	320	6,8	190
–	1	15,9	343	8,6	236
50	0	15,9	343	9,5	236
70	00	19,1	368	10,4	285
95	000	19,1	368	14	351
–	0000	19,1	368	14	427
120	250 kcmil	22,2	406	14	427
150	300 kcmil	22,2	406	15	427
185	350 kcmil	25,4	432	16,8	503
–	400 kcmil	25,4	432	16,8	503
240	500 kcmil	28,6	464	20	578
300	600 kcmil	28,6	464	22,7	578

^a Tolerances: for height $H \pm 15$ mm, for diameter of the bushing hole ± 2 mm.

^b If the bushing hole diameter is not large enough to accommodate the conductor without binding, a bushing having the next larger hole size may be used.

Table 6 – Test values for pull-out test for flat copper conductors
(see 9.2.5.4.2)

Maximum width of flat conductors	Pulling force
mm	N
12	100
14	120
16	160
20	180
25	220
30	280

Table 7 – Maximum conductor cross-sections and corresponding gauges
(see 9.2.5.5.1)

Conductor cross-section		Gauge (see Figure 2)					
Flexible conductors	Solid or stranded conductors	Form A			Form B		Permissible deviation for a and b
		Marking	Diameter	Width	Marking	Diameter	
mm ²	mm ²		a mm	b mm		a mm	
1,5	1,5	A1	2,4	1,5	B1	1,9	0 −0,05
2,5	2,5	A2	2,8	2,0	B2	2,4	
2,5	4	A3	2,8	2,4	B3	2,7	
4	6	A4	3,6	3,1	B4	3,5	0 −0,06
6	10	A5	4,3	4,0	B5	4,4	
10	16	A6	5,4	5,1	B6	5,3	
16	25	A7	7,1	6,3	B7	6,9	0 −0,07
25	35	A8	8,3	7,8	B8	8,2	
35	50	A9	10,2	9,2	B9	10,0	
50	70	A10	12,3	11,0	B10	12,0	0 −0,08
70	95	A11	14,2	13,1	B11	14,0	
95	120	A12	16,2	15,1	B12	16,0	
120	150	A13	18,2	17,0	B13	18,0	
150	185	A14	20,2	19,0	B14	20,0	
185	240	A15	22,2	21,0	B15	22,0	0 −0,09
240	300	A16	26,5	24,0	B16	26,0	

NOTE For conductor cross-sections of differently shaped solid or stranded standard conductors other than those given in this table, an unprepared conductor of appropriate cross-section can be used as the gauge, the force of insertion being not greater than 5 N.

Table 8 – Relationship between conductor cross-section and diameter

Conductor cross-section	Theoretical diameter of the largest conductor						
	Metric			AWG/kcmil			
	Solid	Stranded	Flexible	Rigid		Flexible Classes I.K.M.	
				Gauge	Solid	Stranded	Stranded
mm ²	mm	mm	mm		mm	mm	mm
0,2	0,51	0,53	0,61	24	0,54	0,61	0,64
0,34	0,63	0,66	0,8	22	0,68	0,71	0,80
0,5	0,9	1,1	1,1	20	0,85	0,97	1,02
0,75	1,0	1,2	1,3	18	1,07	1,23	1,28
1,0	1,2	1,4	1,5	–	–	–	–
1,5	1,5	1,7	1,8	16	1,35	1,55	1,60
2,5	1,9	2,2	2,3 ^a	14	1,71	1,95	2,08
4,0	2,4	2,7	2,9 ^a	12	2,15	2,45	2,70
6,0	2,9	3,3	3,9 ^a	10	2,72	3,09	3,36
10,0	3,7	4,2	5,1	8	3,43	3,89	4,32
16,0	4,6	5,3	6,3	6	4,32	4,91	5,73
25,0	–	6,6	7,8	4	5,45	6,18	7,26
35,0	–	7,9	9,2	2	6,87	7,78	9,02
50		9,1	11,0 ^a	0		9,64	12,08
70		11,0	13,1 ^a	00		11,17	13,54
95		12,9	15,1 ^a	000		12,54	15,33
–		–	–	0000		14,08	17,22
120		14,5	17,0 ^a	250		15,34	19,01
150		16,2	19,0 ^a	300		16,80	20,48
185		18,0	21,0 ^a	350		18,16	22,05
–		–	–	400		19,42	24,05
240		20,6	24,0 ^a	500		21,68	26,57
300		23,1	27,0 ^a	600		23,82	30,03

NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on Table 1 and Table 3 of IEC 60228:2004 and on IEC TR 60344 and, for AWG conductors, on ASTM B172-71.

^a Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.

^b Nominal diameter +5 %.

^c Largest diameter for any of the three classes I, K, M +5 %.

Table 9 – Test copper conductors for test currents up to 400 A inclusive
(see 9.3.3.3.4)

Range of test current ^a		Conductor size ^{b, c, d}	
A		mm ²	AWG/kcmil
0	1	0,2	24
1	2	0,34	22
2	3	0,5	20
3	6	0,75	18
6	8	1,0	-
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250 kcmil
250	275	150	300 kcmil
275	300	185	350 kcmil
300	350	185	400 kcmil
350	400	240	500 kcmil

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table 1.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

**Table 10 – Test copper conductors for test currents above 400 A
and up to 800 A inclusive**
(see 9.3.3.3.4)

Range of test current ^a		Conductors ^{b, c, d}			
		Metric		kcmil	
		Number	Size mm ²	Number	Size kcmil
A					
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table 1.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

**Table 11 – Test copper bars for test currents above 400 A
and up to 3 150 A inclusive**
(see 9.3.3.3.4)

Range of test current ^a		Copper bars ^{b, c, d, e, f}				
		Number	Dimensions		Dimensions	
			mm		Inches	
A						
400	500	2	30	× 5	1	× 0,250
500	630	2	40	× 5	1,25	× 0,250
630	800	2	50	× 5	1,5	× 0,250
800	1 000	2	60	× 5	2	× 0,250
1 000	1 250	2	80	× 5	2,5	× 0,250
1 250	1 600	2	100	× 5	3	× 0,250
1 600	2 000	3	100	× 5	3	× 0,250
2 000	2 500	4	100	× 5	3	× 0,250
2 500	3 150	3	100	× 10	6	× 0,250

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table 1.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

^e Bars are assumed to be arranged with their long faces vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

^f Where four bars are used they shall be in two sets of two bars with not more than 100 mm between pair centres.

Table 12 – Impulse withstand test voltages

Rated impulse withstand voltage U_{imp}	Test voltages and corresponding altitudes				
	$U_{1,2/50}$ kV				
kV	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
0,33	0,35	0,35	0,35	0,34	0,33
0,5	0,55	0,54	0,53	0,52	0,5
0,8	0,91	0,9	0,9	0,85	0,8
1,5	1,75	1,7	1,7	1,6	1,5
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0
12	14,8	14,5	14	13,3	12

NOTE This table uses the characteristics of a homogeneous field, case B (see 3.7.61).

Table 13 – Minimum clearances in air

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Minimum clearances mm										
	Case A Inhomogeneous field conditions (see 3.7.62)				Case B Homogeneous field ideal conditions (see 3.7.61)						
	Pollution degree				Pollution degree						
	1	2	3	4	1	2	3	4			
0,33	0,01	0,2	0,8	1,6	0,01	0,2	0,8	1,6			
0,5	0,04				0,04						
0,8	0,1	0,5	1,5		0,1	0,3					
1,5	0,5				0,3						
2,5	1,5	1,5	1,5	3	0,6	0,6	1,2	2			
4,0	3	3	3	5,5	1,2	1,2	2				
6,0	5,5	5,5	5,5	8	2	2	3	3			
8,0	8	8	8	14	3	3	3	4,5			
12	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5			

NOTE The values of minimum clearances in air are based on 1,2/50 μs impulse voltage, for barometric pressure of 80 kPa, equivalent to normal atmospheric pressure at 2 000 m above sea level.

Table 14 – Test voltages across the open contacts of equipment suitable for isolation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages and corresponding altitudes				
	$U_{1,2/50}$ kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
0,33	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
0,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
0,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
1,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3
4,0	6,2	6,0	5,8	5,6	5
6,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8
8,0	12,3	12,1	11,7	11,1	10
12	18,5	18,1	17,5	16,7	15

Table 15 – Minimum creepage distances

Rated insulation voltage of equipment or working voltage AC RMS or DC ^{b, c, d} V	Minimum creepage distances for equipment subject to long term stress													
	Printed wiring material													
	Pollution degree													
	1	2	1	2		3			4					
	Material groups													
	All mm	All except IIIb mm	All mm	I mm	II mm	III mm	I mm	II mm	IIIa mm	IIIb mm	I mm	II mm	IIIa mm	IIIb mm
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1,6	1,6	1,6		
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05	1,6	1,6	1,6		
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6		
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6		
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25	1,7	1,7	1,7		
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8		
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3		
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2	2,5	3,2		
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2	2,1	2,6	3,4		
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6		
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2	2,4	3	3,8		
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4		
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4	5		
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2	4	5	6,3		
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4	5	6,3	8		
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	6,3	8	10		
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,5		
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	10	12,5	16	a	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20		
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	16	20	25		
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32		
1 250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	25	32	40		
1 600			5,6	8	11	16	20	22	25	32	40	50		

Table 17 – Actuator test force
(see 9.2.6.2.1)

Type of actuator ^a	Test force ^a	Minimum test force N	Maximum test force N
Push-button (a)	$3F$	50	150
One-finger operated (b)	$3F$	50	150
Two-finger operated (c)	$3F$	100	200
One-hand operated (d) and (e)	$3F$	150	400
Two-hand operated (f) and (g)	$3F$	200	600
^a F is the normal operating force in new condition. The test force shall be $3F$ with the stated minimum and maximum values and be applied as shown in Figure 16.			

Table 18 – Tolerances on test quantities
(see 9.3.4.3, item a))

All tests	Tests under no-load, normal load and overload conditions	Tests under short-circuit conditions
– Current $+5_0$ %	– Power factor $\pm 0,05$	– Power factor $0_{-0,05}$
– Voltage $+5_0$ % (including power frequency recovery voltage)	– Time-constant $+15_0$ %	– Time-constant $+25_0$ %
	– Frequency ± 5 %	– Frequency ± 5 %
NOTE 1 Where maximum and/or minimum operating limits are stated in the product standard, the above tolerances do not apply.		
NOTE 2 By agreement between manufacturer and user, tests made at 50 Hz can be accepted for operation at 60 Hz and vice versa.		

Table 19 – Dielectric test voltage corresponding to the rated insulation voltage

Rated insulation voltage U_i V	AC test voltage (RMS) V	DC test voltage ^{b, c} V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1\,000$	2 200	3 110
$1\,000 < U_i \leq 1\,500$ ^a	–	3 820
^a For direct current only.		
^b Test voltages based on 6.1.3.4.1, fifth paragraph of IEC 60664-1:2007.		
^c A direct current test voltage to AC equipment may be used only if an alternating test voltage cannot be applied. See also 3) b) ii) of 9.3.3.4.1.		

Table 20 – Test values for conduit pull-out test
(see 9.2.8.2)

Conduit designation according to IEC 60981	Conduit diameter		Pulling force N
	Inside mm	Outside mm	
12 H	12,5	17,1	900
16 H to 41 H	16,1 to 41,2	21,3 to 48,3	900
53 H to 155 H	52,9 to 154,8	60,3 to 168,3	900

Table 21 – Test values for conduit bending test
(see 9.2.8.3)

Conduit designation according to IEC 60981	Conduit diameter		Bending moment N·m
	Inside mm	Outside mm	
12 H	12,5	17,1	35 ^a
16 H to 41 H	16,1 to 41,2	21,3 to 48,3	70
53 H to 155 H	52,9 to 154,8	60,3 to 168,3	70

^a This value is reduced to 17 Nm for enclosures which have only provision for an incoming conduit, but not for an outgoing conduit.

Table 22 – Test values for conduit torque test
(see 9.2.8.2 and 9.2.8.4)

Conduit designation according to IEC 60981	Conduit diameter		Torque N·m
	Inside mm	Outside mm	
12 H	12,5	17,1	90
16 H to 41 H	16,1 to 41,2	21,3 to 48,3	120
53 H to 155 H	52,9 to 154,8	60,3 to 168,3	180

Table 23 – Tests for EMC – Immunity
(see 9.4.1)

Type of test	Minimum test level required	Performance criterion
Electrostatic discharge immunity test IEC 61000-4-2 ^d	air discharge 8 kV	B
	contact discharge 4 kV	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test 80 MHz to 1 GHz IEC 61000-4-3	10 V/m	A
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test 1,4 GHz to 6 GHz IEC 61000-4-3	3 V/m	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	2 kV / 5 kHz or 100 kHz ^f on AC/DC power ports 1 kV / 5 kHz or 100 kHz ^f on signal ports ^g	B
Surge immunity test ^e IEC 61000-4-5 (Impulse test 1,2/50 µs – 8/20 µs)	2 kV (line-to-earth) 1 kV (line-to-line)	B
Conducted disturbances induced by radio-frequency immunity test (150 kHz to 80 MHz) IEC 61000-4-6	10 V for AC/DC power ports 10 V for signal ports ^g	A
Power frequency magnetic field immunity test ^a IEC 61000-4-8	30 A/m	A
Voltage dips immunity test ^{b, c} (50 Hz/60 Hz) IEC 61000-4-11 for rated operational current ≤ 16 A IEC 61000-4-34 for rated operational current > 16 A	0 % during 1 cycle	B
	40 % during 10/12 cycles	C
	70 % during 25/30 cycles	C
Short interruptions immunity test ^{b, c} (50 Hz/60 Hz) IEC 61000-4-11 for rated operational current ≤ 16 A IEC 61000-4-34 for rated operational current > 16 A	0 % during 250/300 cycles at 0°	C
^a Applicable only to equipment containing devices susceptible to power frequency magnetic fields (see 9.4.2.7). ^b The given percentage means percentage of the rated operational voltage, e.g. 0 % means 0 V. ^c The value in front of the slash mark (/) is for 50 Hz and the value behind for 60 Hz tests. ^d See IEC 61000-4-2 for applicability of contact and/or air discharge tests. ^e No tests are performed on DC power ports and signal ports with a cable length less than 30 m. For length greater or equal to 30 m, see Table 2 and Table 3 of IEC 61000-6-2:2016. This test is not applicable for DC input/output ports ≤ 60 V when the secondary circuits (isolated from the AC mains) are not subject to transient overvoltages). ^f The test may be performed at one or at both repetition frequencies. The use of 5 kHz repetition frequency was previously used; however, 100 kHz is closer to reality. ^g Applicable only to ports suitable for connection to cable length longer than 3 m.		

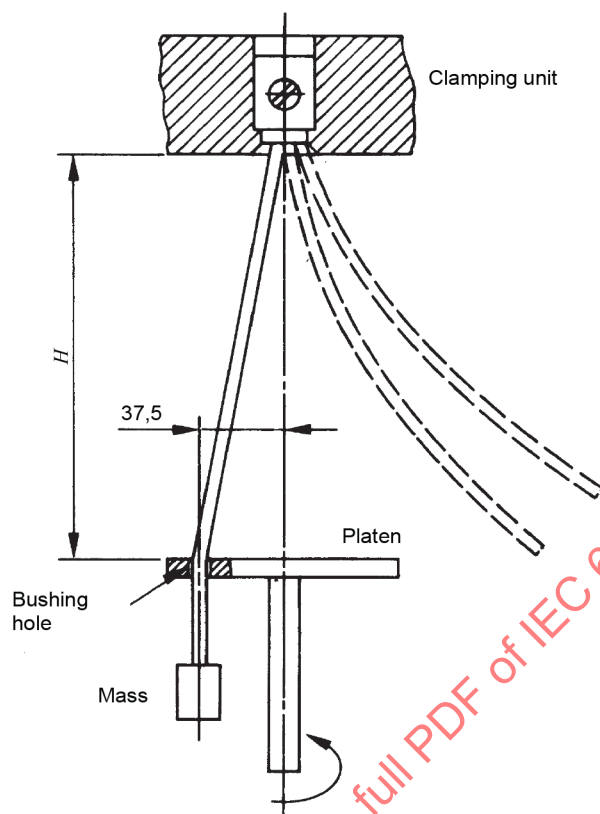
Table 24 – Acceptance criteria when EM disturbances are present

Item	Acceptance criteria (performance criteria during tests)		
	A	B	C
Overall performance	No noticeable changes of the operating characteristic. Operating as intended	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset ^a
Operation of power and control circuits	No unwanted operation	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable ^a	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset ^a
Operation of displays and control panels	No changes to visible display information. Only slight light intensity fluctuation of LEDs, or slight movement of characters	Temporary visible changes or loss of information. Undesired LED illumination	Shut down or permanent loss of display. Wrong information and/or unpermitted operating mode, which should be apparent or an indication should be provided. Not self-recoverable
Information processing and sensing functions	Undisturbed communication and data interchange to external devices	Temporarily disturbed communication, with possible error reports of the internal and external devices	Erroneous processing of information. Loss of data and/or information. Errors in communication. Not self-recoverable
^a Specific requirements shall be detailed in the product standard.			

Table 25 – Cross-sectional area of a copper protective conductor

Rated operational current I_e A	Minimum cross-sectional area of a protective conductor mm ²
$I_e \leq 20$	S^a
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
NOTE This table is from IEC 61439-1:2011.	
^a S is the cross-sectional area of the phase conductor (mm ²).	

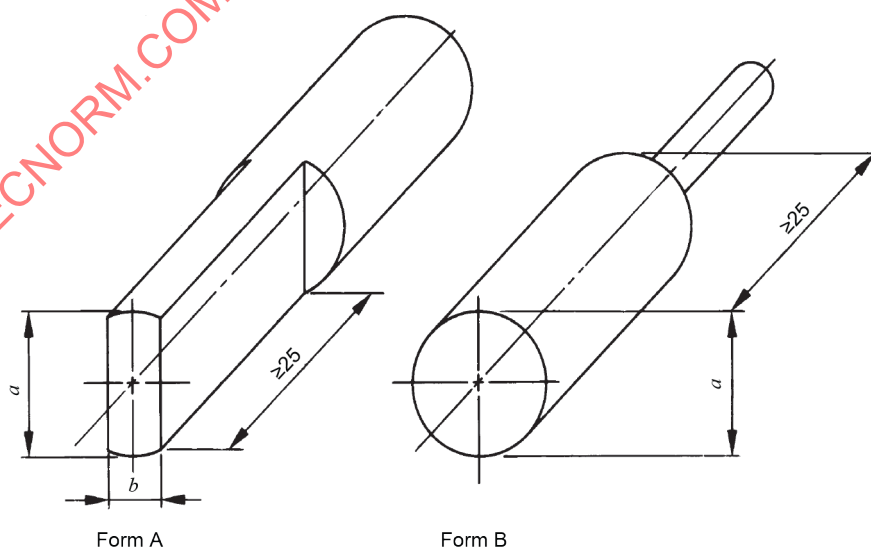
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 1 – Test equipment for flexion test
(see 9.2.5.3 and Table 5)

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 2 – Gauges of form A and form B
(see 9.2.5.5.2 and Table 7)

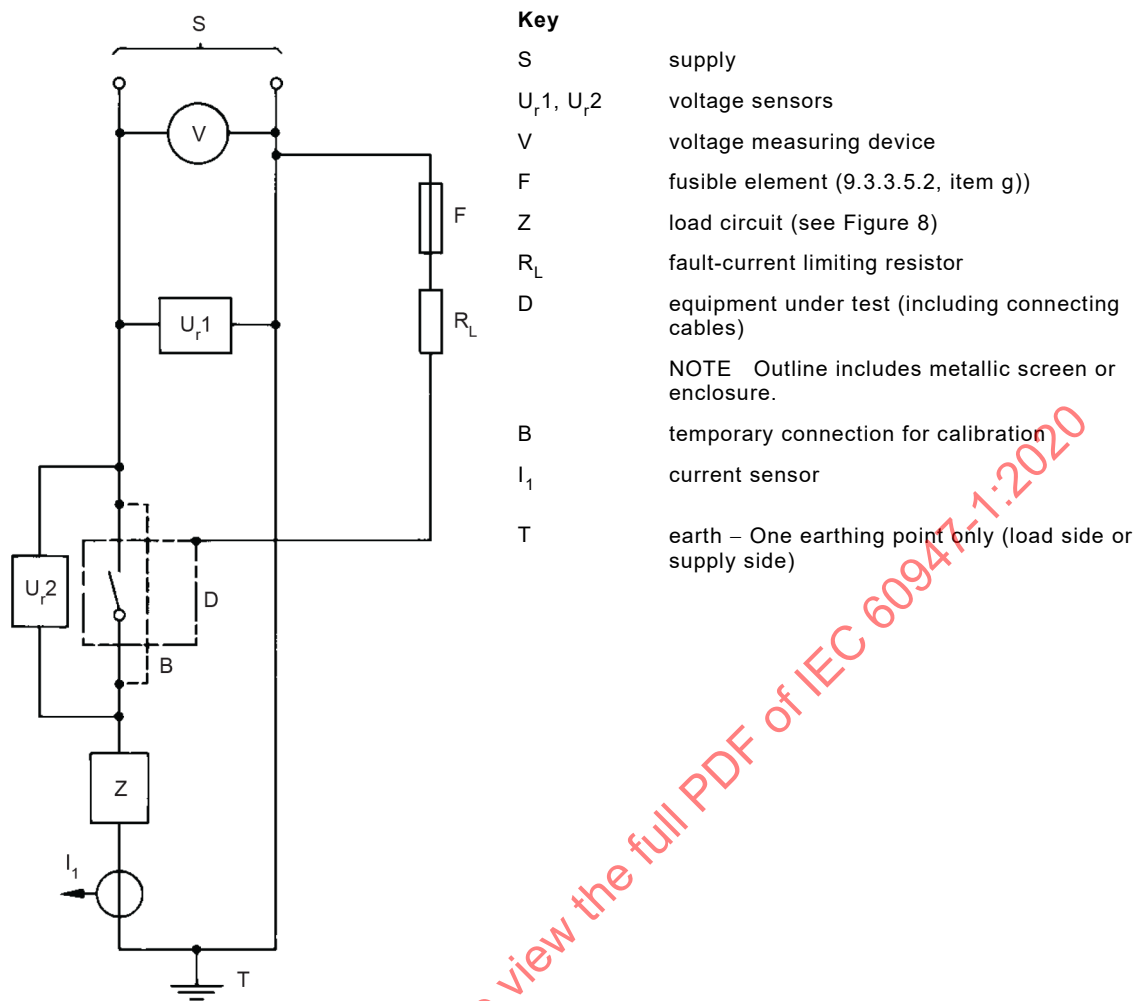
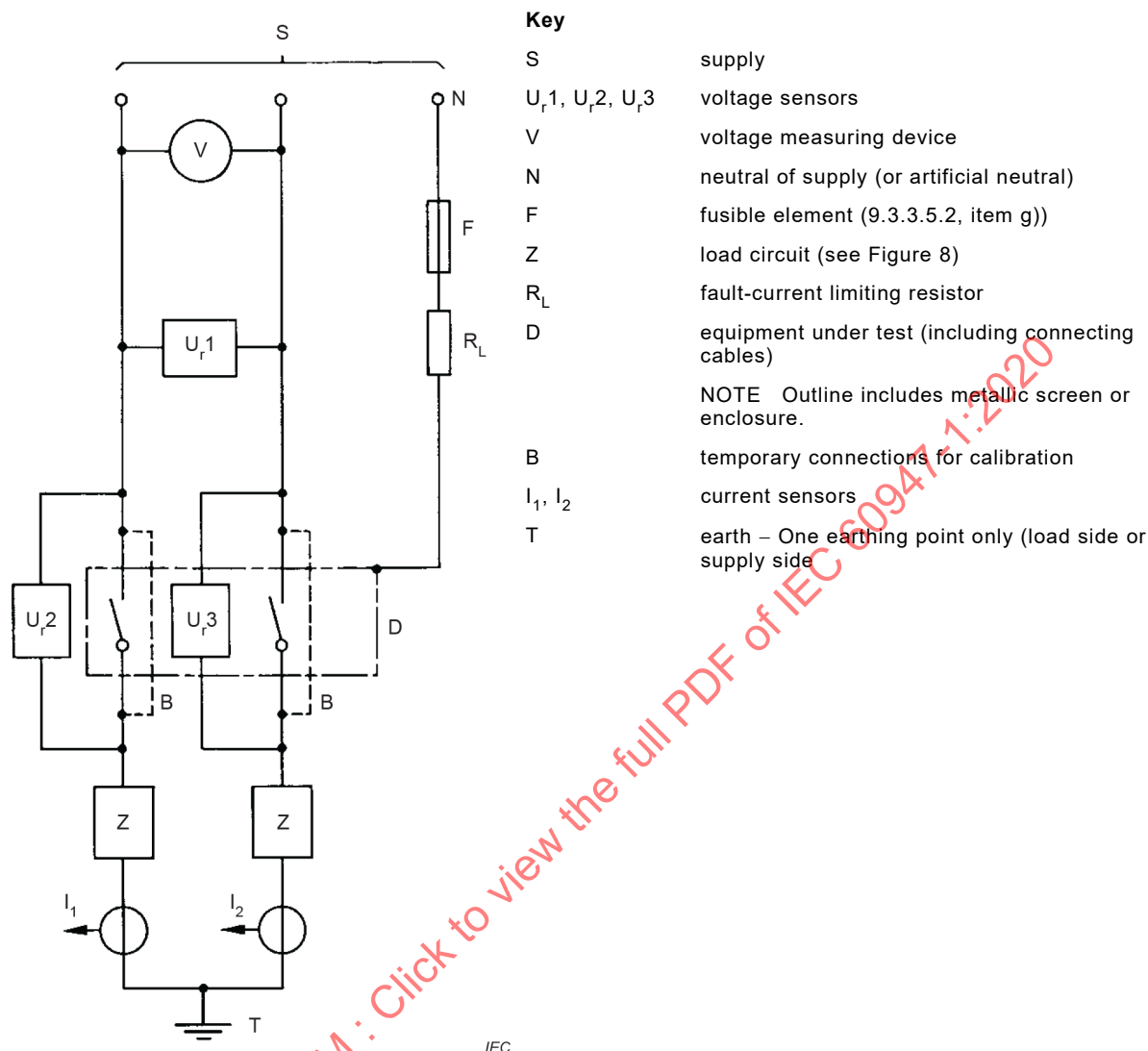


Figure 3 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a single-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.3.5.2)



U_r may, alternatively, be connected between phase and neutral.

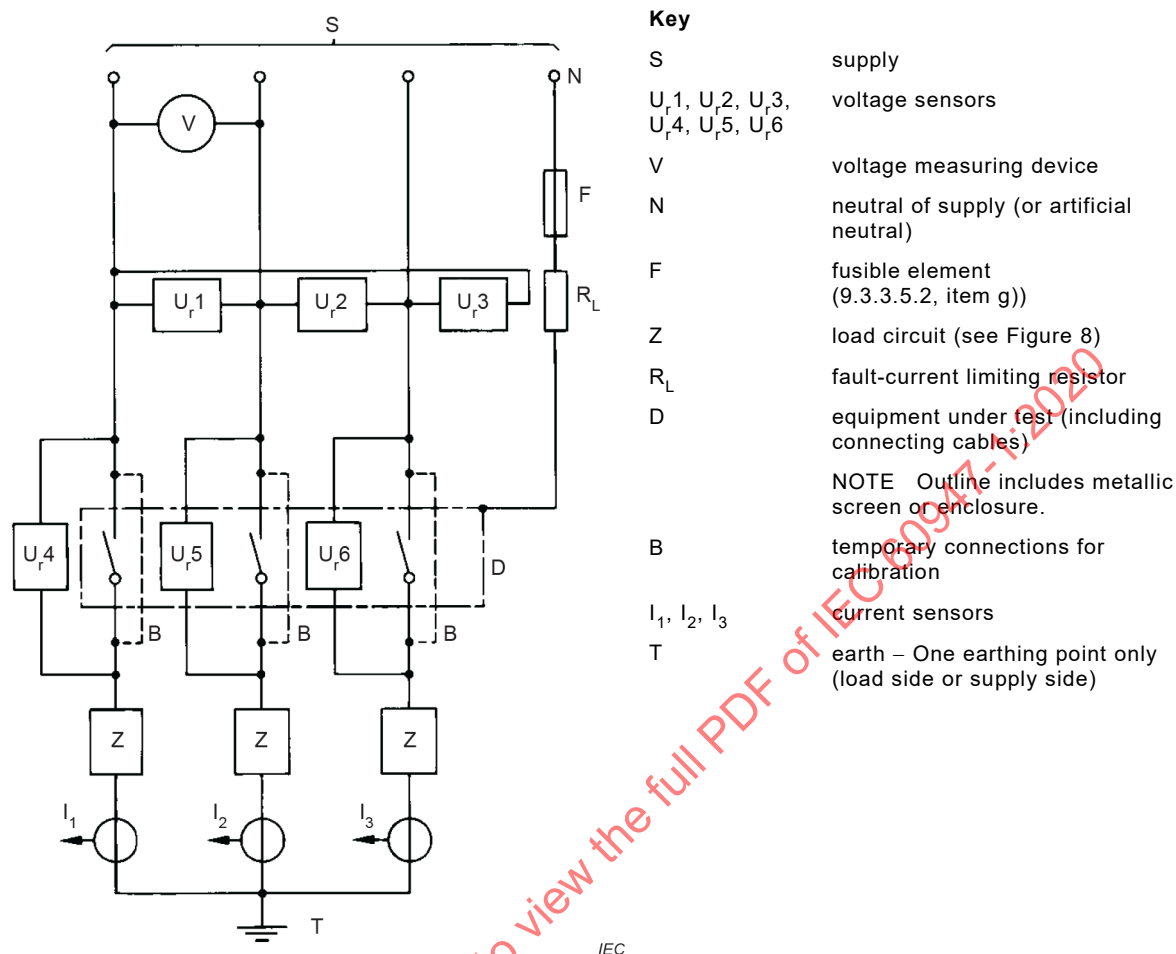
In the case of equipment intended for use in phase-earthed systems or if this diagram is used for the test of the neutral and adjacent poles of a 4-pole equipment, F shall be connected to one phase of the supply.

In the case of direct current, F shall be connected to the negative of the supply.

NOTE In the USA and Canada, F is connected

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage (see Note 2 to 6.2).

Figure 4 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a two-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.3.5.2)



U_{r1} , U_{r2} and U_{r3} may, alternatively, be connected between phase and neutral.

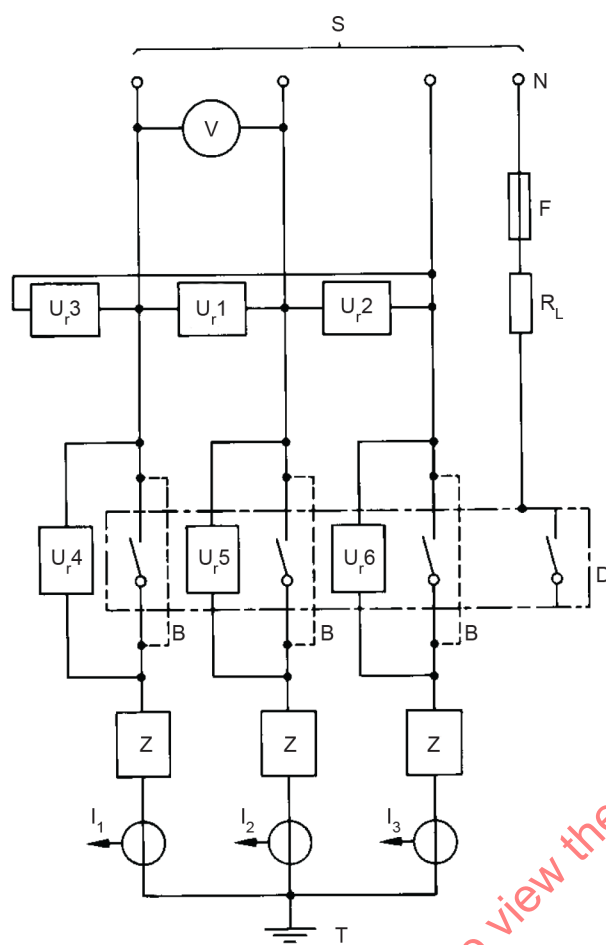
In the case of equipment intended for use in phase-earthed systems or if this diagram is used for the test of the neutral and adjacent poles of a 4-pole equipment, F shall be connected to one phase of the supply.

In the case of direct current, F shall be connected to the negative of the supply.

NOTE In the USA and Canada, F is connected

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage (see the Note 2 to 6.2).

Figure 5 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a three-pole equipment (see 9.3.3.5.2)

**Key**

S	supply
$U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}, U_{r4}, U_{r5}, U_{r6}$	voltage sensors
V	voltage measuring device
N	neutral of supply (or artificial neutral)
F	fusible element (9.3.3.5.2, item g))
Z	load circuit (see Figure 8)
R_L	fault-current limiting resistor
D	equipment under test (including connecting cables)
NOTE Outline includes metallic screen or enclosure.	
B	temporary connections for calibration
I_1, I_2, I_3	current sensors
T	earth – One earthing point only (load side or supply side)

U_{r1}, U_{r2} and U_{r3} may, alternatively, be connected between phase and neutral.

Figure 6 – Diagram of the test circuit for the verification of making and breaking capacities of a four-pole equipment (see 9.3.3.5.2)

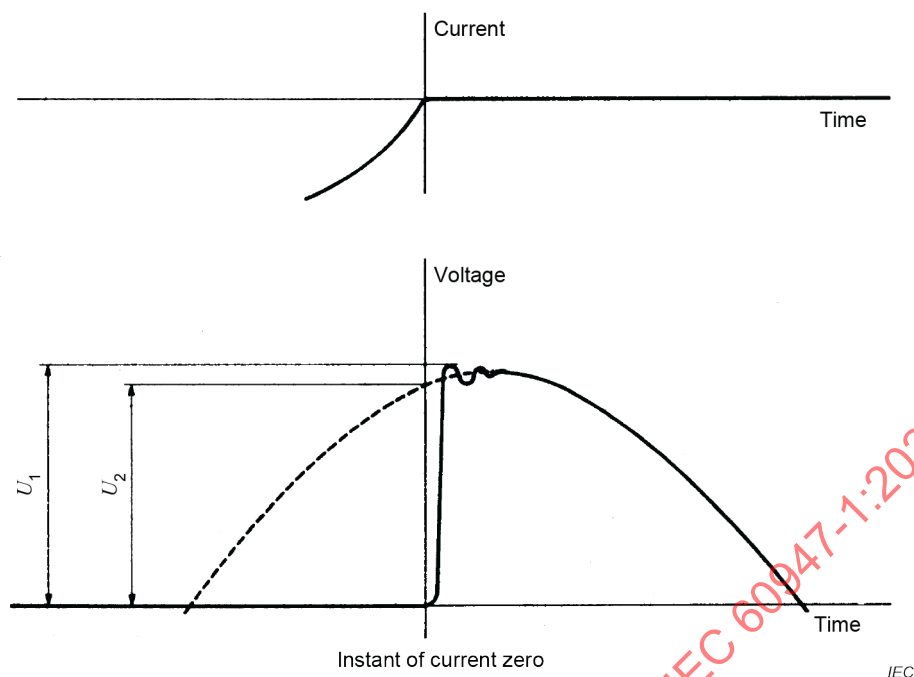


Figure 7 – Schematic illustration of the recovery voltage across contacts of the first phase to clear under ideal conditions (see 9.3.3.5.2, item e))

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

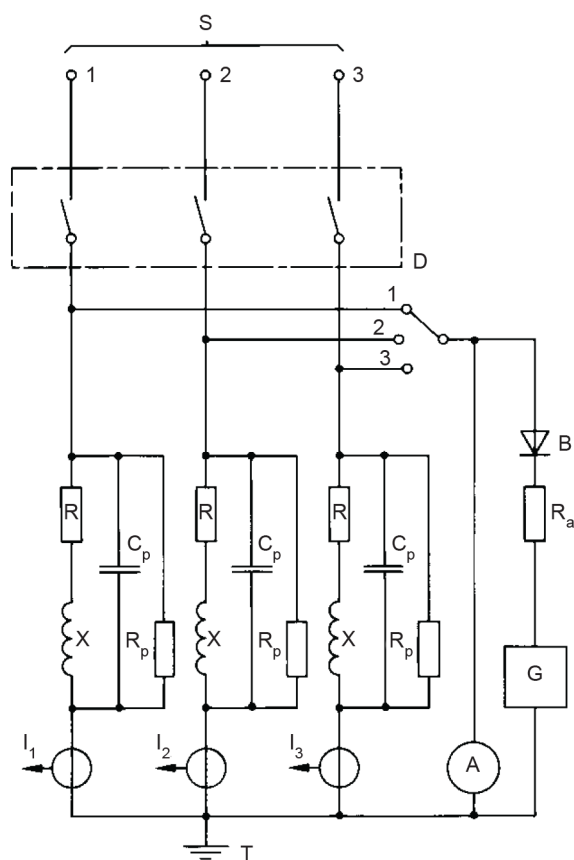


Figure 8a) Load star-point earthed

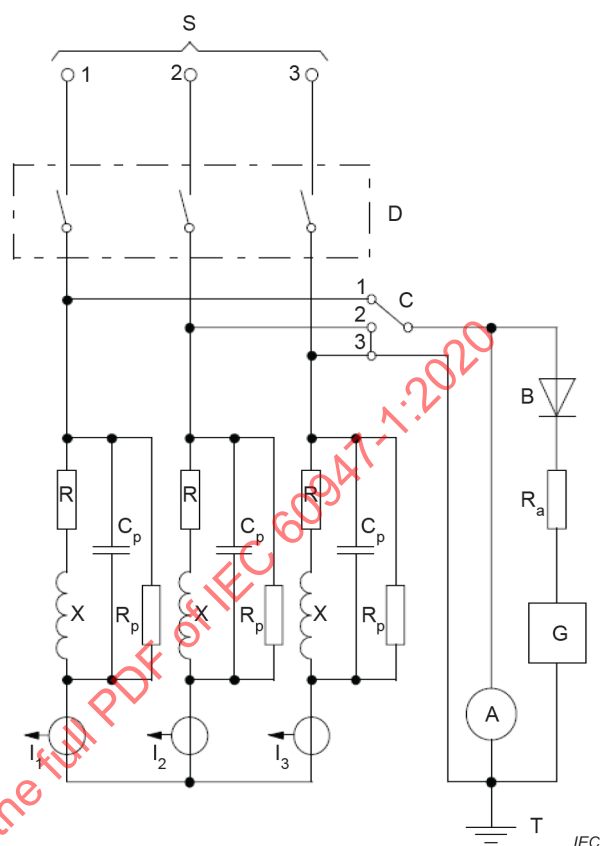


Figure 8b) Supply star-point earthed

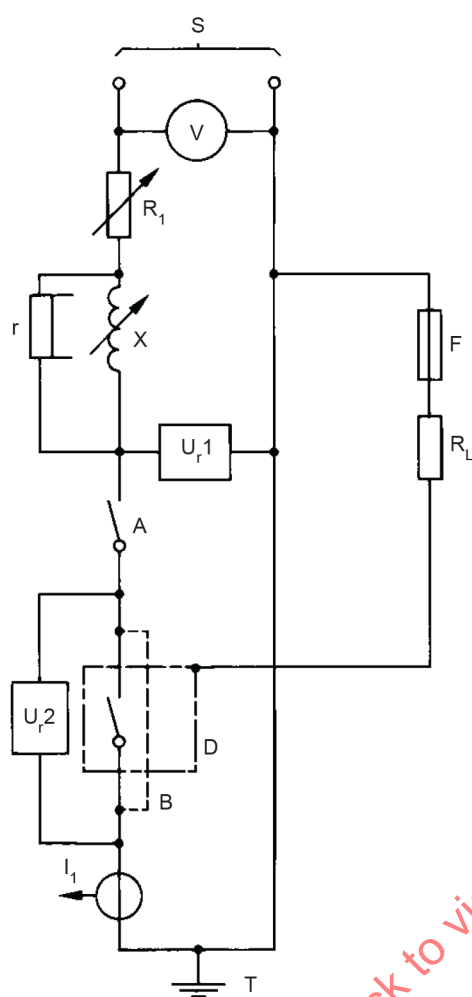
Key

S	supply
D	equipment under test
C	phase adjustment selector switch
B	diode
A	recorder
R_a	resistor
G	high-frequency generator
R	load circuit resistor
X	load circuit reactor (9.3.3.5.2, item d))
R_p	resistor in parallel
C_p	capacitor in parallel
I_1, I_2, I_3	current sensors
T	earth – One earthing point only (load side or supply side)

The relative positions of the high-frequency generator G and the diode shall be as shown. No other point of the circuit than the one indicated on the figure shall be earthed.

In Figure 8b), as an example 1, 2 and 3 are represented in the position corresponding to the adjustment of phase 1 (the first phase to clear) in series with phases 2 and 3 connected in parallel.

Figure 8 – Diagram of a load circuit adjustment method

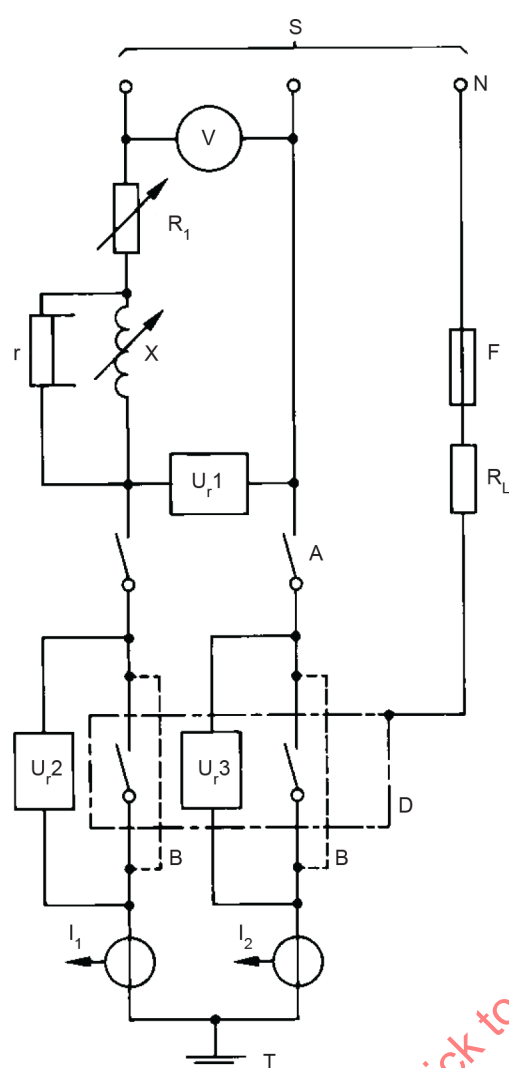


Key

S	supply
U_{r1}, U_{r2}	voltage sensors
V	voltage measuring device
A	closing device
R_1	adjustable resistor
F	fusible element (9.3.4.1.2, item d))
X	adjustable reactor
R_L	fault-current limiting resistor
D	equipment under test (including connecting cables)
NOTE Outline includes metallic screen or enclosure.	
B	temporary connections for calibration
I_1	current sensor
T	earth – One earthing point only (load side or supply side)
r	shunt resistor (9.3.4.1.2, item b))

Adjustable loads X and R_1 may be located either on the high-voltage side or on the low-voltage side of the supply circuit.

Figure 9 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a single-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.4.1.2)



Key

S

supply

 U_r1, U_r2, U_r3

voltage sensors

v

voltage measuring device

A

closing device

 R_1

adjustable resistor

N

neutral of supply (or artificial neutral)

F

fusible element (9.3.4.1.2, item d))

X

adjustable reactor

 R_1

fault-current limiting resistor

D

equipment under test (including connecting cables)

NOTE Outline includes metallic screen or enclosure.

B

temporary connections for calibration

 l_1, l_2

current sensors

T

earth – One earthing point only
(load side or supply side)

r

shunt resistor (9.3.4.1.2, item b))

Adjustable loads X and R_1 may be located either on the high-voltage side or on the low-voltage side of the supply circuit.

U_r may, alternatively, be connected between phase and neutral.

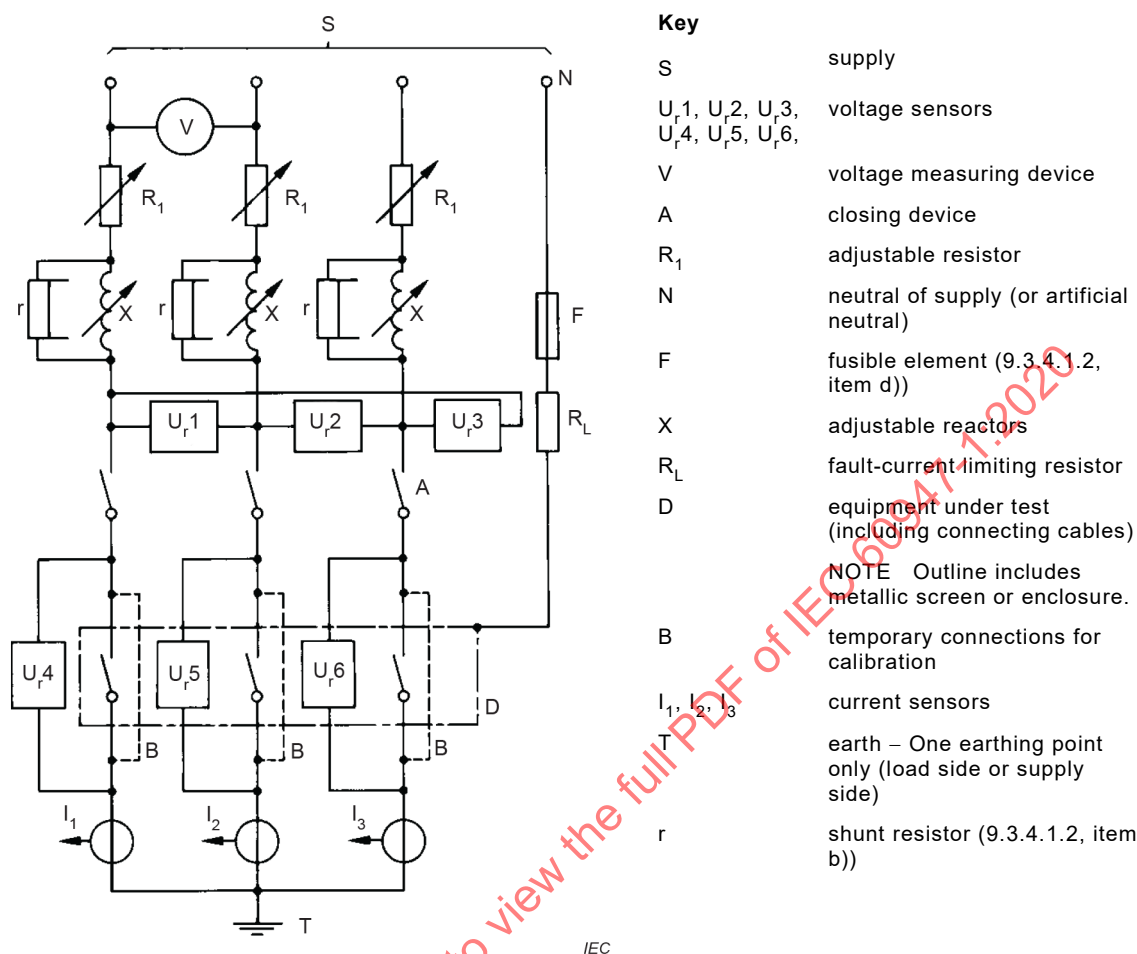
In the case of equipment intended for use in phase-earthed systems or if this diagram is used for the test of the neutral and adjacent pole of a four-pole equipment, F shall be connected to one phase of the supply.

In the case of direct current, F shall be connected to the negative of the supply.

NOTE In the USA and Canada, F is connected

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage of U_e (see Note 2 to 6.2).

Figure 10 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a two-pole equipment on single-phase AC or on direct current (see 9.3.4.1.2)



Adjustable loads X and R_1 may be located either on the high-voltage side or on the low-voltage side of the supply circuit.

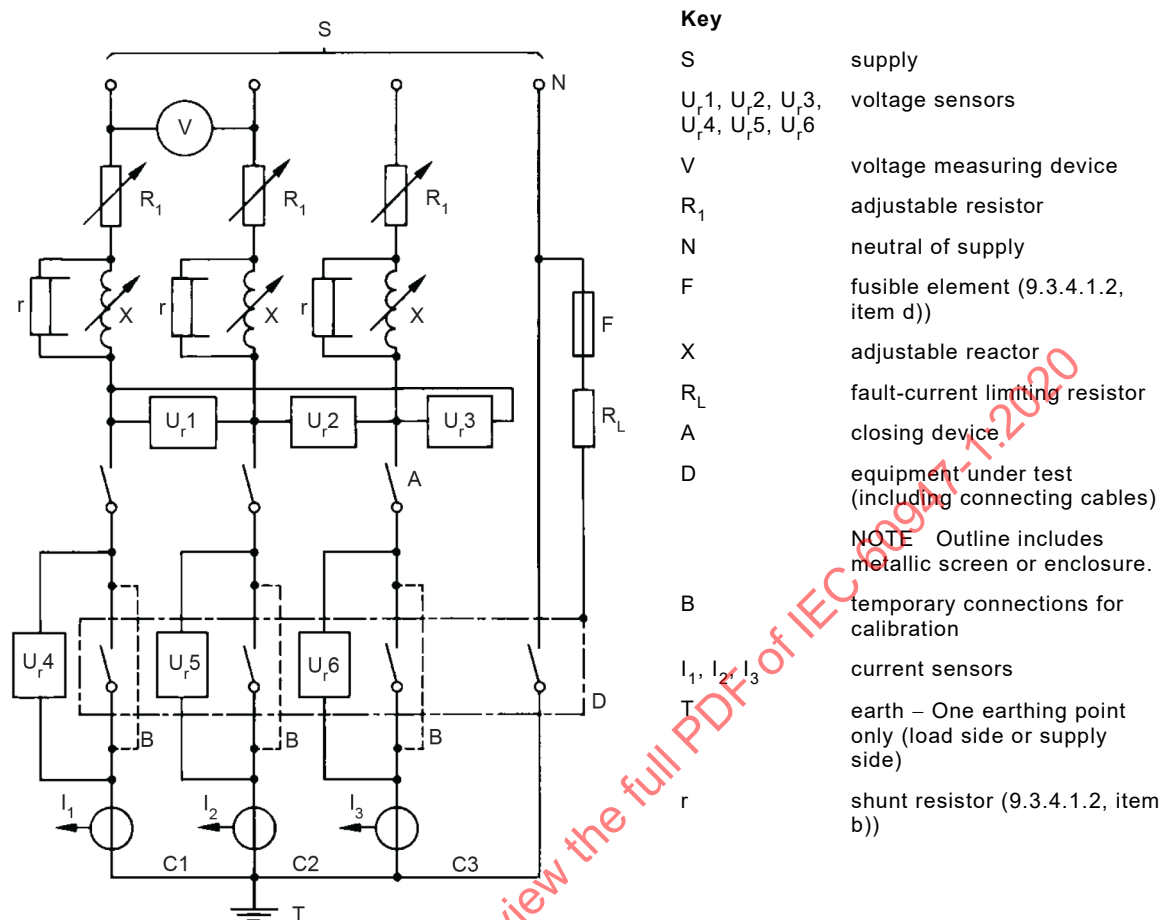
U_{r1}, U_{r2}, U_{r3} may, alternatively, be connected between phase and neutral.

In the case of equipment intended for use in phase-earthed systems or if this diagram is used for the test of the neutral and adjacent pole of a four-pole equipment F, shall be connected to one phase of the supply.

NOTE In the USA and Canada, F is connected

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage of U_e (see Note 2 to 6.2).

Figure 11 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a three-pole equipment (see 9.3.4.1.2)

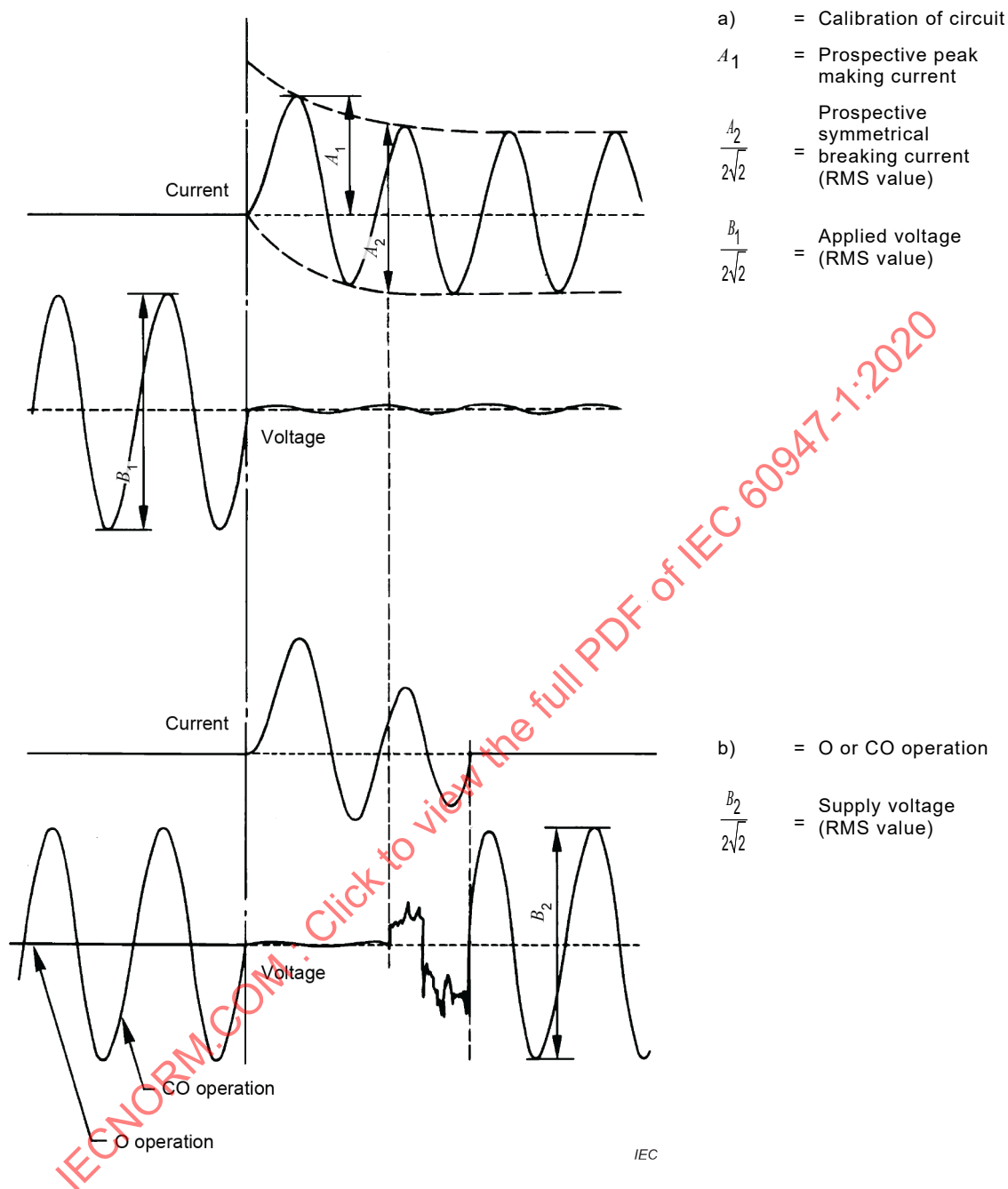


Adjustable loads X and R_1 may be located either on the high-voltage side or on the low-voltage side of the supply circuit.

U_1, U_2, U_3 may, alternatively, be connected between phase and neutral.

If an additional test is required between the neutral and the adjacent pole, the connections C1 and C2 are omitted.

Figure 12 – Diagram of the test circuit for the verification of short-circuit making and breaking capacities of a four-pole equipment (see 9.3.4.1.2)



Making capacity (peak value) = A_1 (see 9.3.4.1.8, items b) and c))

Breaking capacity (RMS value) = $\frac{A_2}{2\sqrt{2}}$ (see 9.3.4.1.8, items b) and c))

NOTE 1 The amplitude of the voltage trace, after initiation of the test current, varies according to the relative positions of the closing device, the adjustable impedances, the voltage sensors and according to the test circuit diagram.

NOTE 2 It is assumed that the instant of making is the same for calibration and test.

Figure 13 – Example of short-circuit making and breaking test record in the case of a single-pole equipment on single-phase AC (see 9.3.4.1.8)

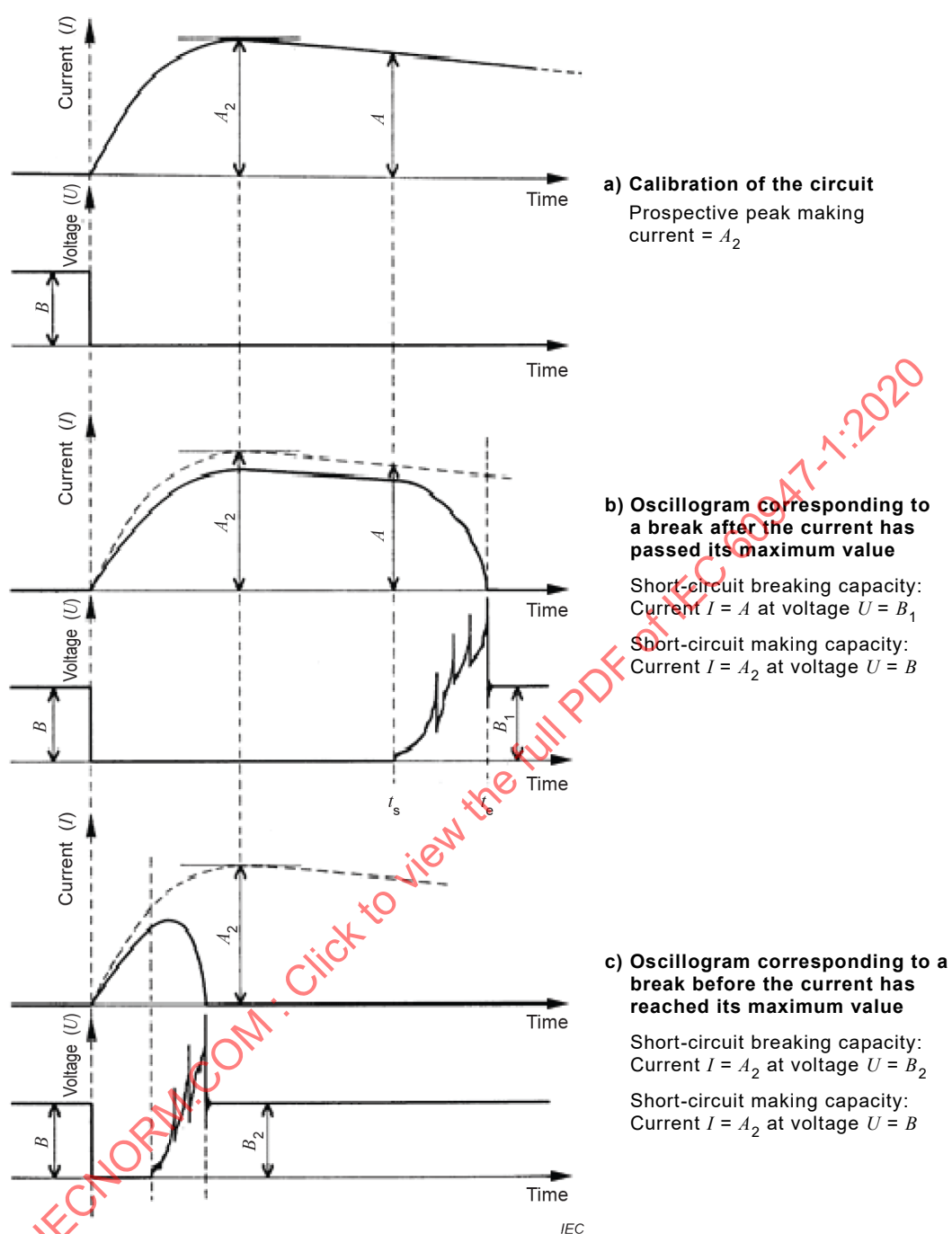
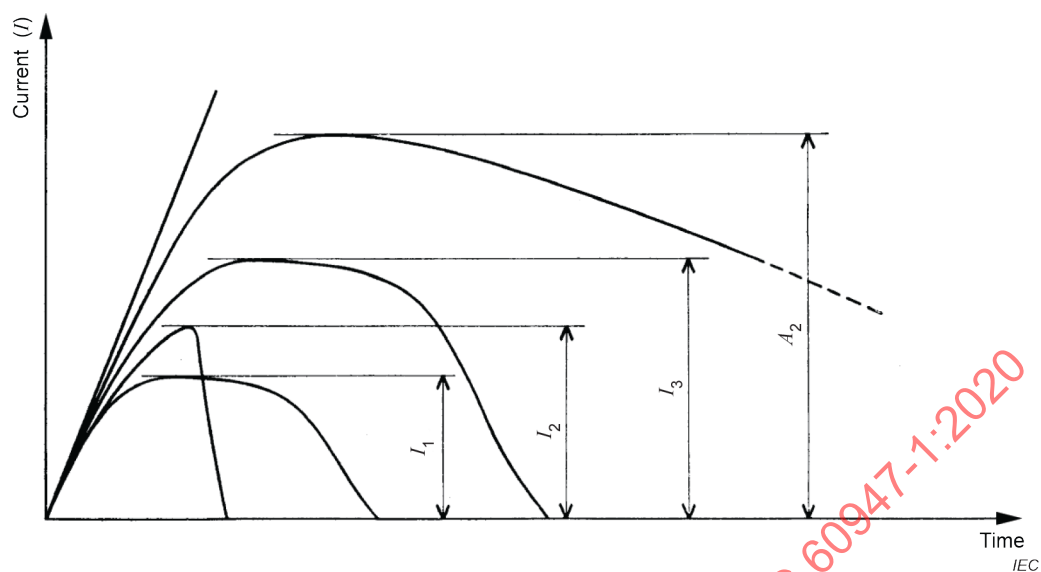


Figure 14 – Verification of short-circuit making and breaking capacities on direct current (see 9.3.4.1.8)



Key

- I_1 first calibration
- I_2 actual breaking current
- I_3 second calibration
- A_2 breaking capacity

Figure 15 – Determination of the prospective breaking current when the first calibration of the test circuit has been made at a current lower than the rated breaking capacity (see 9.3.4.1.8, item b))

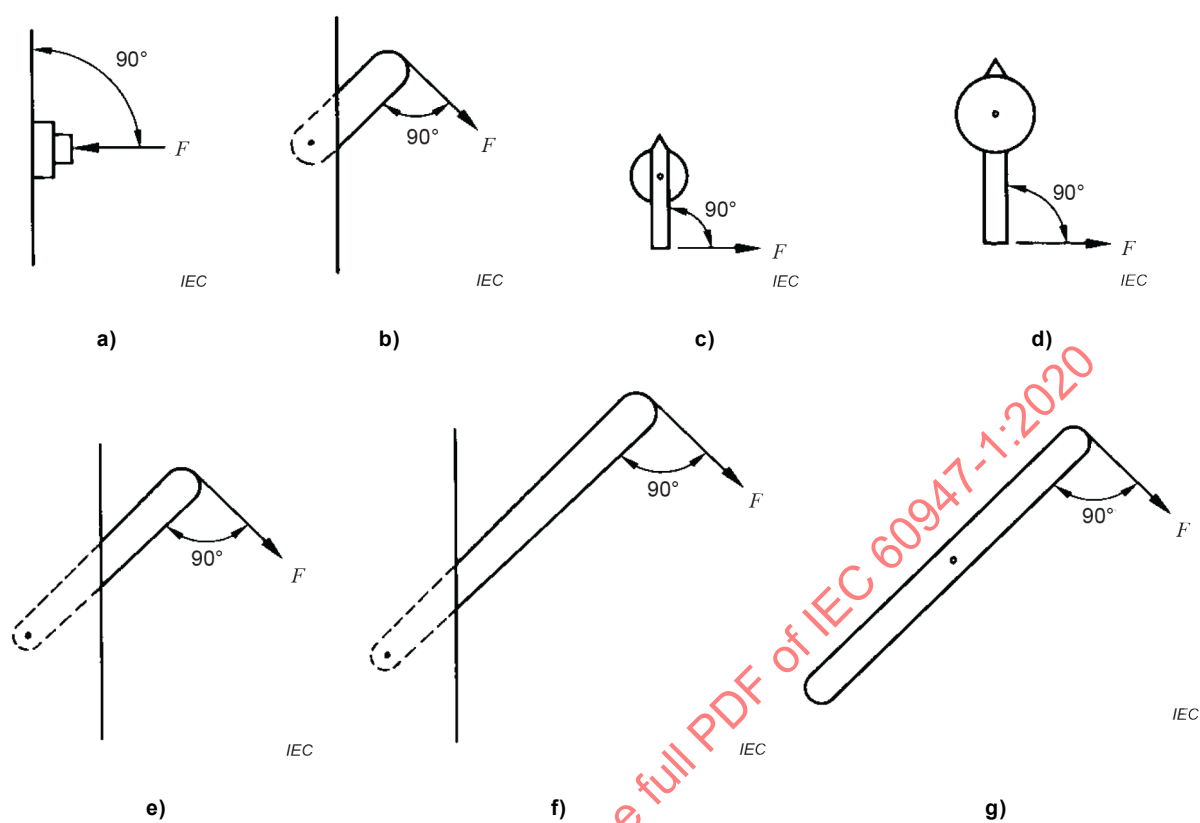


Figure 16 – Actuator test force
(see 9.2.6.2.1 and Table 17)

Annex A (informative)

Harmonisation of utilization categories for low-voltage switchgear and controlgear

The IEC 60947 series contains different parts specifying requirements for different types of low-voltage switchgear. Standards for products covered by the IEC 60947 series have been developed at different periods of time and by various working groups. It results in many utilization categories for similar applications in the IEC 60947 series.

The objective of this annex is to give the harmonisation framework for the low-voltage switchgear and controlgear as given in Table A.1. A future objective is to specify a common set of requirements for testing of the products from different parts of the IEC 60947 series.

The intended benefits are to:

- simplify the product standards by bringing all similar categories together under one common set of categories;
- help the user in the selection of equipment for specific applications.

Table A.1 – Utilization categories used in the IEC 60947 series

Nature of current	Relevant IEC product standard	Utilization category		Typical switched load
		Specific ^c	Present ^d	
Alternating current	IEC 60947-3	AC-20	AC-20	No-load condition
		AC-21	AC-21	Resistive loads, including moderate overloads
		AC-22	AC-22	Mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
		AC-23	AC-23	Motor loads or other highly inductive loads
	IEC 60947-4-1	AC-1	AC-1	Non-inductive or slightly inductive loads
		AC-2	AC-2	Slip-ring motors or switching of mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
		AC-3	AC-3	Squirrel-cage motors
		AC-3e	AC-3e	Squirrel-cage motor with higher locked-rotor current ^e .
		AC-4	AC-4	Squirrel-cage motors: plugging ^a , inching ^b
		AC-5a	AC-5a	Discharge lamp ballasts
		AC-5b	AC-5b	Incandescent lamps
		AC-6a	AC-6a	Transformers
		AC-6b	AC-6b	Capacitor banks
		AC-8 AC-8	AC-8a AC-8b	Hermetic refrigerant compressor
	IEC 60947-4-2	AC-2a	AC-52a	Slip ring motor stators: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run
		AC-2b	AC-52b	Slip ring motor stators: intermittent duty
		AC-3a	AC-53a	Squirrel-cage motors: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run
		AC-3b	AC-53b	Squirrel-cage motors: intermittent duty
		AC-8a	AC-58a	Hermetic refrigerant compressor motors with automatic resetting of overload releases: 8 h duty with on-load currents for start, acceleration, run

Nature of current	Relevant IEC product standard	Utilization category		Typical switched load
		Specific ^c	Present ^d	
Alternating current		AC-8b	AC-58b	Hermetic refrigerant compressor motors with automatic resetting of overload releases: intermittent duty
	IEC 60947-4-3	AC-1	AC-51	Non-inductive or slightly inductive loads
		AC-5a	AC-55a	Discharge lamps ballast
		AC-5b	AC-55b	Incandescent lamps
		AC-6a	AC-56a	Transformers
		AC-6b	AC-56b	Capacitor banks
	IEC 60947-5-1 ^f	AC-12	AC-12	Resistive loads and solid-state loads with isolation by optocouplers
		AC-13	AC-13	Solid-state loads with transformer isolation
		AC-14	AC-14	Small electromagnetic loads
		AC-15	AC-15	AC electromagnetic loads
	IEC 60947-5-2 ^g	AC-12	AC-12	Resistive loads and solid state loads with optical isolation
		AC-140	AC-140	Small electromagnetic loads with holding (closed) current $\leq 0,2$ A, e.g. contactor relays
	IEC 60947-6-1	AC-1	AC-31	Non inductive or slightly inductive loads
		AC-2	AC-32	Slip-ring motors or switching of mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
		AC-3	AC-33	Squirrel-cage motors
		AC-5a	AC-35	Discharge lamp ballast
		AC-5b	AC-36	Incandescent lamps
	IEC 60947-6-2	AC-40	AC-40	Distribution circuits comprising mixed resistive and reactive loads having a resultant inductive reactance
		AC-41	AC-41	Non-inductive or slightly inductive loads
		AC-42	AC-42	Slip-ring motors or switching of mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads
		AC-3	AC-43	Squirrel-cage motors
		AC-4	AC-44	Squirrel-cage motors: plugging ^a , inching ^b
		AC-5a	AC-45a	Discharge lamp ballasts
		AC-5b	AC-45b	Incandescent lamps
	IEC 61095	AC-7a	AC-7a	Slightly inductive loads for household appliances and similar applications
		AC-7b	AC-7b	Motor-loads for household applications
Direct current	IEC 60947-3	DC-20	DC-20	Connecting and disconnecting under no-load conditions
		DC-21	DC-21	Resistive loads, including moderate overloads
		DC-22	DC-22	Mixed resistive and inductive loads, including moderate overloads (e.g. shunt motors)
		DC-23	DC-23	Highly inductive loads (e.g. series motors)
	IEC 60947-4-1	DC-1	DC-1	Non-inductive or slightly inductive loads
		DC-3	DC-3	Shunt-motors
		DC-5	DC-5	Series-motors
		DC-6	DC-6	Incandescent lamps

Nature of current	Relevant IEC product standard	Utilization category		Typical switched load
		Specific ^c	Present ^d	
	IEC 60947-5-1 ^f	DC-12	DC-12	Control of resistive loads and solid-state loads with isolation by optocouplers
		DC-13	DC-13	Control of electromagnets
		DC-14	DC-14	Control of electromagnetic loads having economy resistors in circuit
	IEC 60947-5-2 ^g	DC-12	DC-12	Control of resistive loads and solid state loads with optical isolation
		DC-13	DC-13	Control of electromagnets
	IEC 60947-6-1	DC-1	DC-31	Non-inductive or slightly inductive loads
		DC-3	DC-33	Shunt-motors
		DC-6	DC-36	Incandescent lamps
	IEC 60947-6-2	DC-40	DC-40	Distribution circuits comprising mixed resistive and reactive loads having a resultant inductive reactance
		DC-1	DC-41	Non-inductive or slightly inductive loads
		DC-3	DC-43	Shunt-motors
		DC-5	DC-45	Series-motors
		DC-6	DC-46	Incandescent lamps

^a By plugging is understood stopping or reversing the motor rapidly by reversing motor primary connections while the motor is running.

^b By inching (jogging) is understood energizing a motor once or repeatedly for short periods to obtain small movements of the driven mechanism.

^c Harmonized utilization categories intended to be adopted progressively by product standards.

^d Specific utilization categories may remain valid for managing the transition to the harmonized utilization categories.

^e Asynchronous motors of design NE and HE according to IEC 60034-12:2016.

^f Utilization categories apply as well to IEC 60947-5-5 and IEC 60947-5-8.

^g Utilization categories apply as well to IEC 60947-5-3 and IEC 60947-5-7.

Annex B

(Vacant)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annex C (normative)

Degrees of protection of enclosed equipment

C.1 General

Where an IP code is stated by the manufacturer for enclosed equipment and for a device with integral enclosure it shall comply with the requirements of IEC 60529, and the following modifications and additions.

NOTE Table C.1 gives further information to facilitate the understanding of the IP code covered by IEC 60529.

Clauses and subclauses of IEC 60529 applicable to enclosed equipment are explicitly detailed in this annex.

Clause and subclause numbers of this annex correspond to the numbers in IEC 60529.

C.2 Object

This annex applies to the degrees of protection of enclosed switchgear and controlgear at rated voltages not exceeding 1 000 V AC or 1 500 V DC hereafter referred to as "Equipment".

Clause 2 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999 applies with the additional requirements of this annex.

C.3 Definitions

Clause 3 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999 applies except that "enclosure" is replaced by 3.3.16.

C.4 Designation

Clause 4 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies except for letters H, M and S.

C.5 Degrees of protection against access to hazardous parts and against ingress of solid foreign objects indicated by the first characteristic numeral

Clause 5 of IEC 60529:1989 applies.

C.6 Degrees of protection against ingress of water indicated by the second characteristic numeral

Clause 6 of IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999, and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies.

C.7 Degrees of protection against access to hazardous parts indicated by the additional letter

Clause 7 of IEC 60529:1989 applies.

C.8 Supplementary letters

Clause 8 of IEC 60529:1989 applies except for letters H, M and S.

C.9 Examples of designations with IP Code

Clause 9 of IEC 60529:1989 applies.

C.10 Marking

Clause 10 of IEC 60529:1989 applies with the following addition:

If the IP Code is designated for one mounting position only, it shall be indicated by the symbol ISO 7000-0623 (2014-06) placed next to the IP Code specifying this position of the equipment, e.g. vertical:



C.11 General requirements for tests

C.11.1 Subclause 11.1 of IEC 60529:1989 applies.

C.11.2 Subclause 11.2 of IEC 60529:1989 applies with the following additions:

All tests are made in the unenergized state.

Certain devices (e.g. exposed faces of push-buttons) can be verified by inspection.

The temperature of the test sample shall not deviate from the actual ambient air temperature by more than 5 K.

Where equipment is mounted in an empty enclosure which already has an IP Code (see 11.5 of IEC 60529:1989) the following requirements apply.

a) For IP1X to IP4X and additional letters A to D.

This shall be verified by inspection and compliance with the enclosure manufacturer's instructions.

b) For IP6X dust test.

This shall be verified by inspection and compliance with the enclosure manufacturer's instructions.

c) For IP5X dust test and IPX1 to IPX9 water tests.

Testing of the enclosed equipment is only required where the ingress of dust or water may impair the operation of the equipment.

IP5X dust and IPX1 to IPX9 water tests allow the ingress of a certain amount of dust and water provided that there are no harmful effects. Every internal equipment configuration can, therefore, be separately considered.

C.11.3 Subclause 11.3 of IEC 60529:1989 applies with the following addition:

Drain and ventilating holes are treated as normal openings.

C.11.4 Subclause 11.4 of IEC 60529:1989 applies.

C.11.5 Where an empty enclosure is used as a component of an enclosed equipment, subclause 11.5 of IEC 60529:1989 applies.

C.12 Tests for protection against access to hazardous parts indicated by the first characteristic numeral

Clause 12 of IEC 60529:1989 applies except for 12.3.2.

C.13 Tests for protection against ingress of solid foreign objects indicated by the first characteristic numeral

Clause 13 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999 applies except for the following subclauses:

C.13.4 Dust test for first characteristic numerals 5 and 6

Enclosed equipment having a degree of protection IP5X shall be tested according to category 2 of 13.4 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999.

NOTE 1 A particular product standard for equipment having a degree of protection IP5X can specify testing according to category 1 of 13.4 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999.

Enclosed equipment having a degree of protection IP6X shall be tested according to category 1 of 13.4 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD1:1999.

NOTE 2 For enclosed equipment according to this document, a degree of protection IP5X is generally deemed satisfactory.

C.13.5.2 Acceptance conditions for first characteristic numeral 5

Subclause 13.5.2 of IEC 60529:1989 applies with the following additions:

Where dust deposits could raise doubts as to the correct functioning and safety of equipment, a preconditioning and a dielectric test shall be conducted as follows:

The preconditioning, after the dust test, shall be verified by test Cab: Damp heat, steady state, according to IEC 60068-2-78, under the following test conditions.

The equipment shall be prepared so that the dust deposits are subject to the test by leaving open the lid and/or removing parts, where possible without the aid of tool.

Before being placed in the test chamber the equipment shall be stored at room temperature for at least 4 h before the test.

The test duration shall be 24 consecutive hours.

After this period the equipment is to be removed from the test chamber within 15 min and submitted to a power-frequency dielectric test for 1 min, the value being $2 U_e$ max with a minimum of 1 000 V. Application of the test voltage and the acceptance criteria shall be as specified in 9.3.3.4.1 item 3) c) and item 3) d).

C.14 Tests for protection against water indicated by second characteristic numeral

C.14.1 Test means

Subclause 14.1 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies.

C.14.2 Test conditions

Subclause 14.2 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies.

C.14.3 Acceptance conditions

Subclause 14.3 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies with the following addition:

The equipment is then submitted to a power-frequency dielectric test for 1 min, the value being $2 U_e$ max. with a minimum of 1 000 V. Application of the test voltage and the acceptance criteria shall be as specified in 9.3.3.4.1 item 3) c) and item 3) d).

C.15 Tests for protection against access to hazardous parts indicated by additional letter

Clause 15 of IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013 applies.

C.16 Summary of responsibilities of relevant technical committees

The relevant product standards specify the detailed information listed, as a guide, in Annex B of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013, taking into account the supplements specified above in this annex.

Further illustrations are included to facilitate the understanding of the IP Codes (see Table C.1).

Table C.1 – IP Codes (1 of 3)

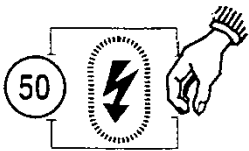
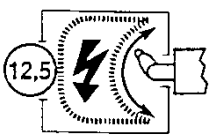
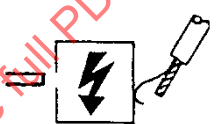
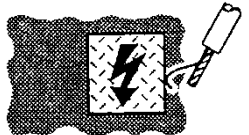
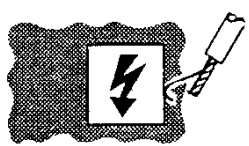
C.1a – FIRST NUMERAL			
Protection against ingress of solid objects			Protection of persons against access to hazardous parts with:
IP	Requirements	Example	
0	No protection		Non-protected
1	Full penetration of 50 mm diameter sphere not allowed. Contact with hazardous parts not permitted		Back of hand
2	Full penetration of 12,5 mm diameter sphere not allowed. The jointed test finger shall have adequate clearance from hazardous parts		Finger
3	The access probe of 2,5 mm diameter shall not penetrate		Tool
4	The access probe of 1,0 mm diameter shall not penetrate		Wire
5	Limited ingress of dust permitted (no harmful deposit)		Wire
6	Totally protected against ingress of dust		Wire

Table C.1 (2 of 3)

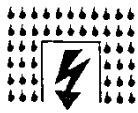
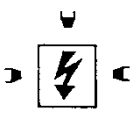
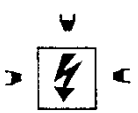
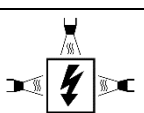
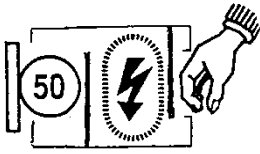
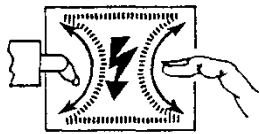
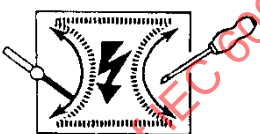
C.1b – SECOND NUMERAL			
Protection against harmful ingress of water			Protection from water
IP	Prescriptions	Example	
0	No protection		Non-protected
1	Protected against vertically falling drops of water. Limited ingress permitted		Vertically dripping
2	Protected against vertically falling drops of water with enclosure tilted 15° from the vertical. Limited ingress permitted		Dripping up to 15° from the vertical
3	Protected against sprays to 60° from the vertical. Limited ingress permitted		Limited spraying
4	Protected against water splashed from all directions. Limited ingress permitted		Splashing from all directions
5	Protected against jets of water. Limited ingress permitted		Hosing jets from all directions
6	Protected against strong jets of water. Limited ingress permitted		Strong hosing jets from all directions
7	Protected against the effects of immersion between 15 cm and 1 m		Temporary immersion
8	Protected against long periods of immersion under pressure		Continuous immersion
9	Protected against high pressure and temperature water jets		Strong hot water jets from all directions

Table C.1 (3 of 3)

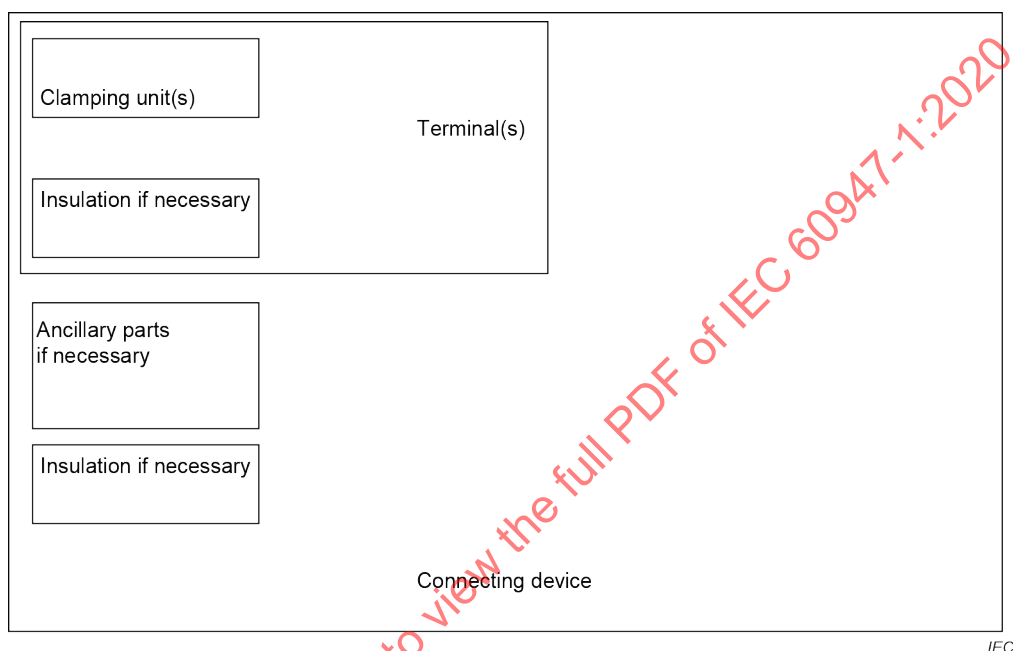
C.1c – ADDITIONAL LETTER (optional)			
IP	Requirements	Example	Protection of persons against access to hazardous parts with:
A For use with first numeral 0	Penetration of 50 mm diameter sphere up to barrier shall not contact hazardous parts		Back of hand
B For use with first numerals 0 and 1	Test finger penetration to a maximum of 80 mm shall not contact hazardous parts		Finger
C For use with first numerals 1 and 2	Wire of 2,5 mm diameter × 100 mm long shall not contact hazardous parts when spherical stop face is partially entered		Tool
D For use with first numerals 2 and 3	Wire of 1,0 mm diameter × 100 mm long shall not contact hazardous parts when spherical stop face is partially entered		Wire

Annex D (informative)

Examples of clamping units and relationship between clamping unit and connecting device

D.1 Clamping unit in a connecting device

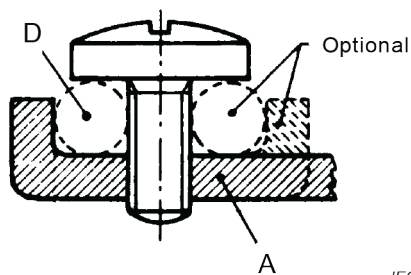
For clarification of the definitions, see Figure D.1.



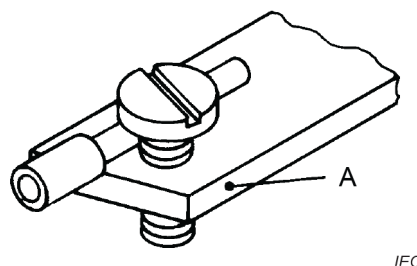
IEC

Figure D.1 – Clamping unit in a connecting device

D.2 Examples of clamping units

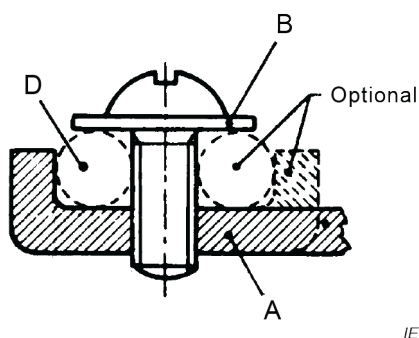


With conductor fixation by the conductive part (sectional drawing)

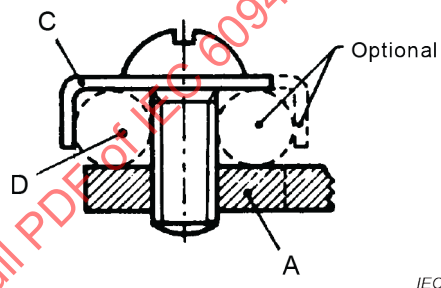


Without additional conductor fixation (sketch)

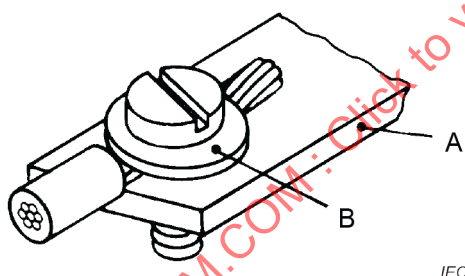
Direct pressure through screw head



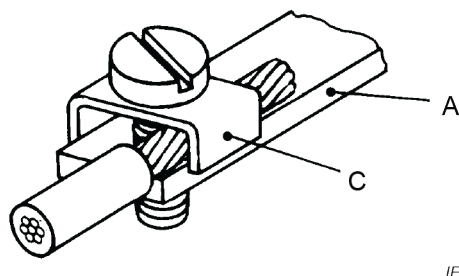
With conductor fixation by the conductive part (sectional drawing)



With conductor fixation by the exerting part (sectional drawing)



Without additional conductor fixation (sketch)



With conductor fixation by the exerting part (sketch)

Indirect pressure through screw head (via intermediate parts)

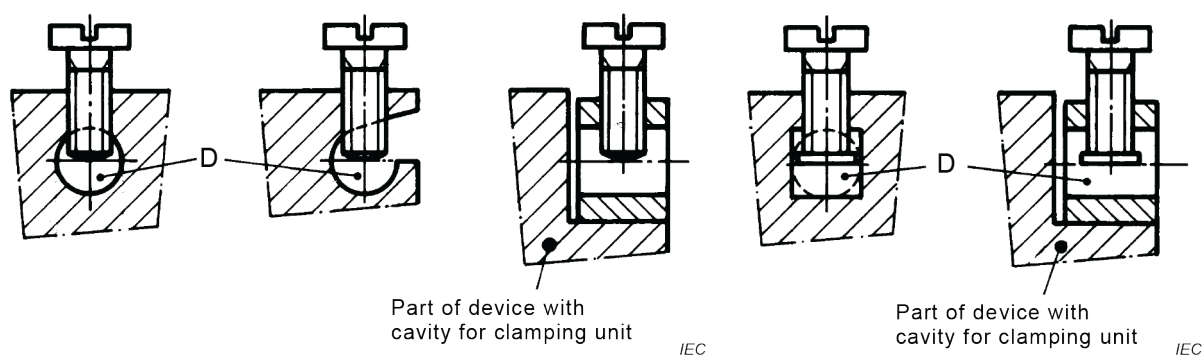
Key

- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space

NOTE Examples shown here do not prohibit the conductor being divided either side of the screw.

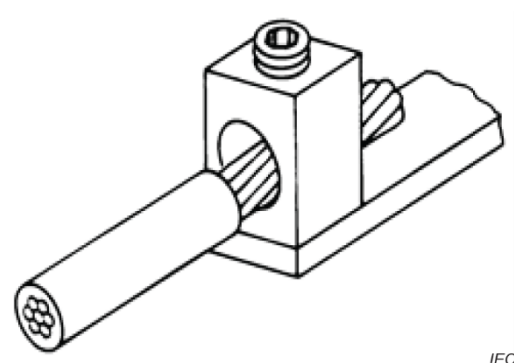
Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under the head of one or more screws. The clamping pressure may be applied directly by the head of the screw or through an intermediate part, such as a washer, clamping plate or anti-spread device.

Figure D.2 – Screw clamping units

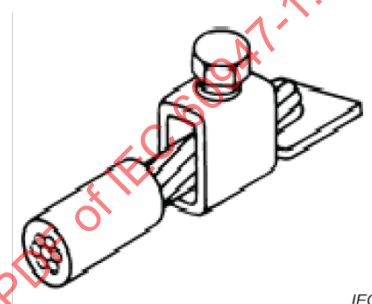


Clamping units without pressure plate

Clamping units with pressure plate

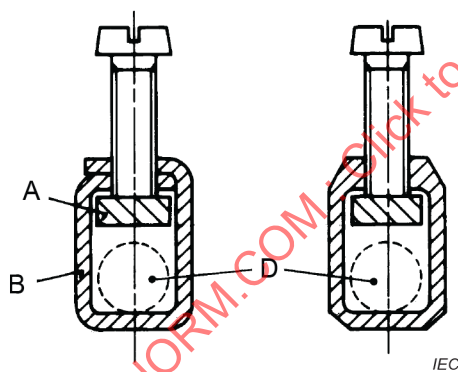


Broached clamping sleeve (sketch)

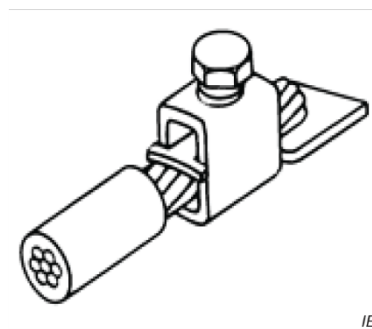


Folded clamping sleeve (sketch)

Clamping units with direct pressure



Folded and broached clamping sleeves (sectional drawings)



Application sketch

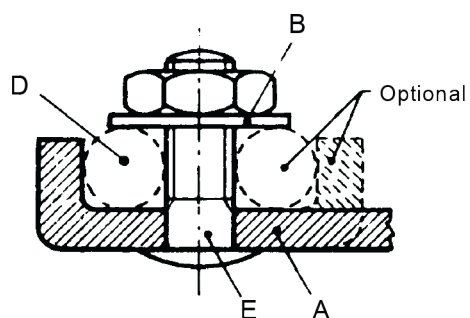
Clamping units with indirect pressure

Key

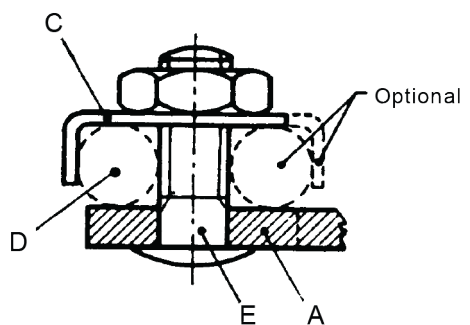
- A Fixed part
- B Body of the clamping unit
- D Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is inserted into a hole or cavity, where it is clamped under the shank of the screw or screws. The clamping pressure may be applied directly by the shank of the screw or through an intermediate part to which pressure is applied by the shank of the screw

Figure D.3 – Pillar clamping units



With conductor fixation by the conductive part
(sectional drawing)



With conductor fixation by the exerting part
(sectional drawing)

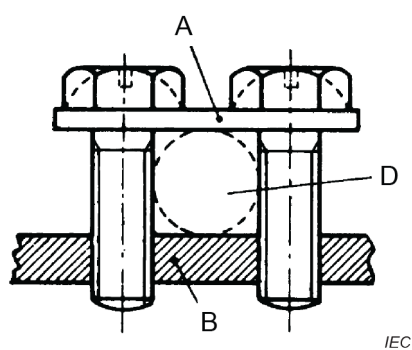
Key

- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

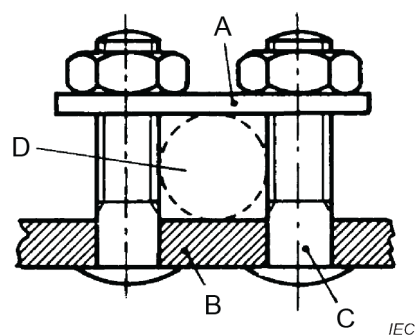
NOTE The part which retains the conductor in position can be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under one or two nuts. The clamping pressure can be applied directly by a suitably shaped nut or through an intermediate part, such as a washer, clamping plate or anti-spread device.

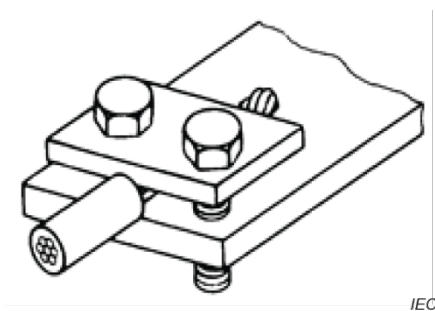
Figure D.4 – Stud clamping units



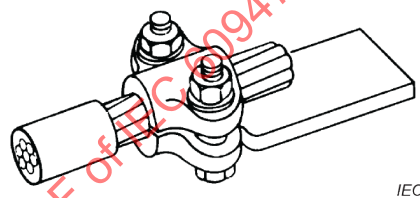
With screws (sectional drawing)



With studs and nuts (sectional drawing)



With screws (sketch)



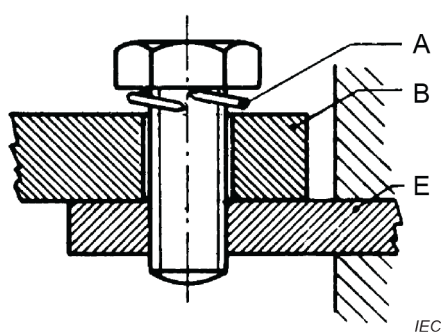
For round conductors only (sketch)

Key

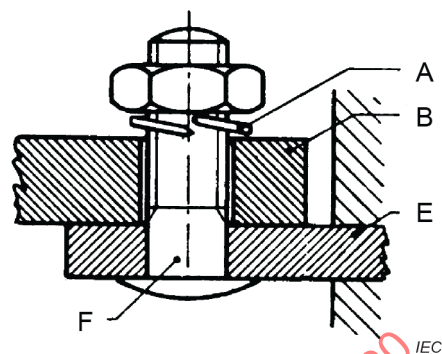
- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under a saddle by means of two or more screws or nuts.

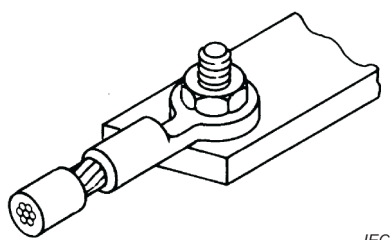
Figure D.5 – Saddle clamping units



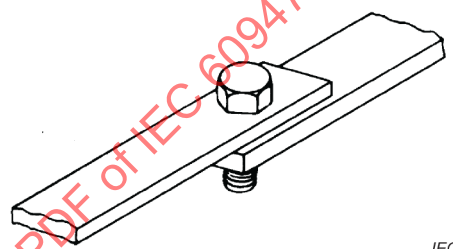
Bars connection with screw (sectional drawing)



Bars connection with stud (sectional drawing)



Ring form (sketch)

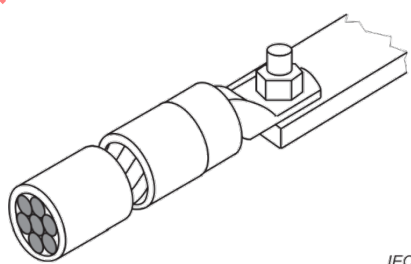


Bars connection (sketch)

Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

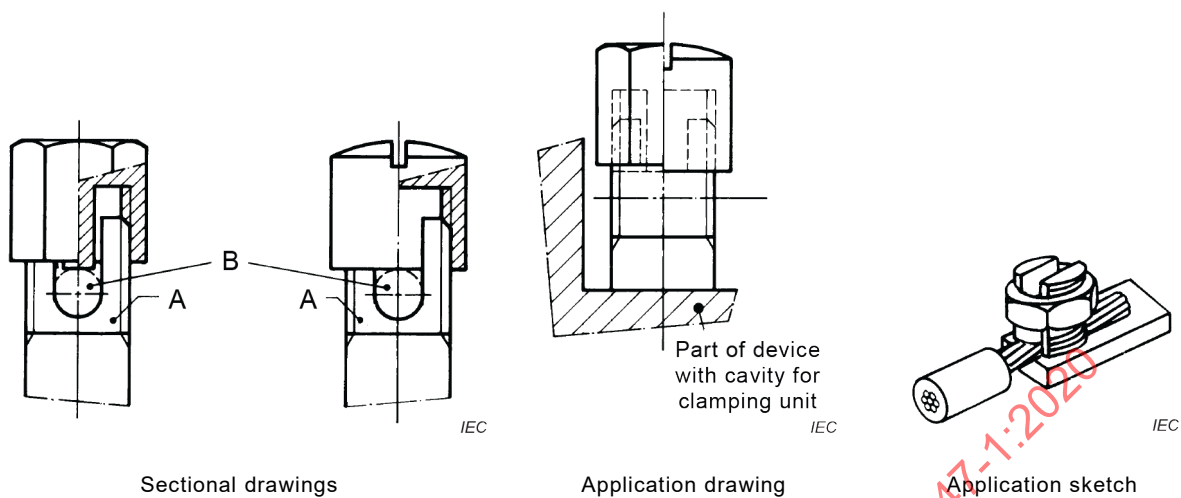
Screw clamping unit or stud clamping unit designed for clamping a cable lug or bar by means of a screw or nut.



Terminal connection (sketch)

NOTE Examples of overall dimensions of cable lugs are given in Annex P.

Figure D.6 – Lug clamping units

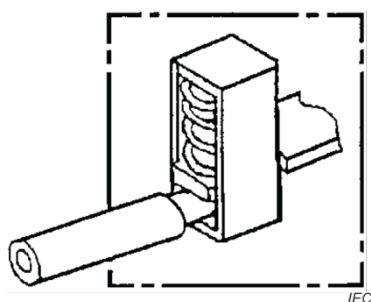
**Key**

A Fixed part

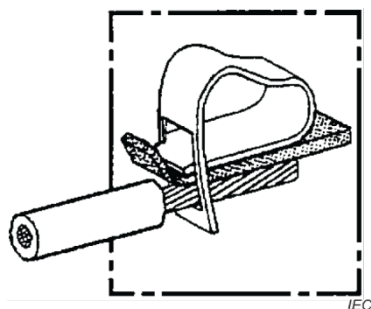
B Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped against the base of a slot in a threaded stud by means of a nut. The conductor is clamped against the base of the slot by a suitable shaped washer under the nut, by a central peg if the nut is a cap nut, or by equally effective means for transmitting the pressure from the nut to the conductor within the slot.

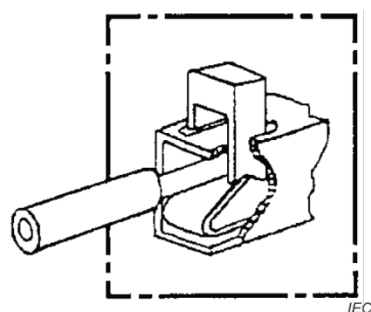
Figure D.7 – Mantle clamping units



Screwless-type clamping unit with indirect pressure



Screwless-type clamping unit with direct pressure



Screwless-type clamping unit with actuating element

Figure D.8 – Screwless-type clamping units (sketches)

Annex E (informative)

Description of a method for adjusting the load circuit

To adjust the load circuit to obtain the characteristics prescribed above, several methods may be applicable in practice. One of them is described below.

The principle is illustrated in Figure 8.

The oscillatory frequency f of the transient recovery voltage and the value of the factor γ are essentially determined by the natural frequency and the damping of the load circuit. Since these values are independent of the voltage and frequency applied to the circuit, the adjustment can be made by energizing the load circuit from an AC power supply, the voltage and frequency of which may be different from those of the supply source utilized for the test of the equipment. The circuit is interrupted at a current zero by a diode, and the oscillations of the recovery voltage are observed on the screen of an oscilloscope, the sweep of which is synchronized with the frequency of the power supply (see Figure E.1).

To permit reliable measurements to be made, the load circuit is energized by means of a high-frequency generator G giving a voltage suitable for the diode. The frequency of the generator is chosen equal to

- a) 2 kHz for test currents up to and including 1 000 A;
- b) 4 kHz for test currents higher than 1 000 A.

Connected in series with the generator are

- a dropping resistor having a resistance value R_a high with respect to the load circuit impedance ($R_a \geq 10 Z$, where $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ and where $\omega = 2\pi \cdot 2\,000\text{ s}^{-1}$ or $2\pi \cdot 4\,000\text{ s}^{-1}$) for cases a) and b) respectively;
- an instantaneously blocking switching diode B; switching diodes commonly used in computers such as diffused junction silicon switching diodes of not over 1 A forward rated current are suitable for this application.

Due to the value of frequency of the generator G, the load circuit is practically purely inductive and, at the instant of current zero, the applied voltage across the load circuit will be at its peak value. To ensure that the components of the load circuit are suitable, it shall be checked on the screen that the curve of the transient voltage at its initiation (point A in Figure E.1) has a practically horizontal tangent.

The actual value of the factor γ is the ratio U_{11}/U_{12} ; U_{11} is read on the screen, U_{12} is read between the ordinate of point A and the ordinate of the trace when the load circuit is no longer energized by the generator (see Figure E.1).

When observing the transient voltage in the load circuit with no resistor R_p or capacitor C_p in parallel, one reads on the screen the natural oscillatory frequency of the load circuit. Care should be taken that the capacitance of the oscilloscope or of its connecting leads does not influence the resonant frequency of the load circuit.

If that natural frequency exceeds the upper limit of the required value f , the suitable values of frequency and factor γ can be obtained by connecting in parallel capacitors C_p and resistors R_p of appropriate values. The resistors R_p shall be practically non-inductive.

Depending on the position of the earthing, the following two procedures for the adjustment of the load circuit are recommended.

- a) In the case of the earthed load star-point: each of the three phases of the load circuit shall be adjusted individually as shown in Figure 8a).
- b) In the case of the earthed supply star-point: one phase shall be connected in series with the other two phases in parallel as shown in Figure 8b). The adjustment shall be repeated by successively connecting to the high frequency generator the three phases in all possible combinations.

NOTE 1 A higher value of frequency obtained from the generator G facilitates the observation on the screen and improves the resolution.

NOTE 2 Other methods of determining frequency and factor γ (such as the impression of a square-wave current on the load circuit) can also be used.

NOTE 3 For connecting the load in star, either the R-end or either the X-end of the load could be connected, if the mode of shorting the load (earthed or floating) is not changed between the adjustment and the test.

Reason: Depending on which side of the load is shorted, different oscillatory frequencies occur.

NOTE 4 Care can also be taken that the leakage capacitance to earth of the high-frequency generator does not have any effect on the natural oscillatory frequency of the load circuit.

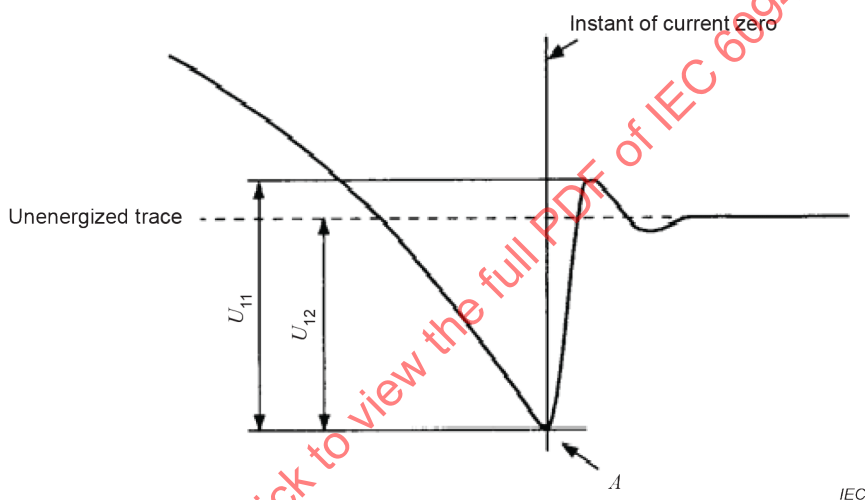


Figure E.1 – Determination of the actual value of the factor γ

Annex F (informative)

Determination of short-circuit power-factor or time-constant

NOTE There is no method by which the short-circuit power-factor or time-constant can be determined with precision, but for the purpose of this document, the determination of the power-factor or the time-constant of the test circuit can be made by one of the following methods.

F.1 Determination of short-circuit power-factor

F.1.1 Method I – Determination from DC component

The angle φ may be determined from the curve of the DC component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

- 1) To determine the time-constant L/R from the formula for the DC component.

The formula for the DC component is

$$i_d = I_{do} e^{-Rt/L}$$

where

- i_d is the value of the DC component at the instant t ;
- I_{do} is the value of the DC component at the instant taken as time origin;
- L/R is the time-constant of the circuit, in s;
- t is the time, in s, taken from the initial instant;
- e is the base of Napierian logarithms.

The time-constant L/R can be determined by

- a) measuring the value of I_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before contact separation;
- b) determining the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by I_{do} ;
- c) determining the value of $-\chi$ corresponding to the ratio i_d/I_{do} , from a table of values of $e^{-\chi}$;

The value χ then represents Rt/L , from which R/L is obtained.

- 2) To determine the angle φ from

$$\varphi = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers, except if suitable precautions are taken to eliminate errors due to

- the time-constant of the transformer and its burden in relation to that of the primary circuit;
- magnetic saturation which can result from the transient flux conditions combined with possible remanence.

F.1.2 Method II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase angle between the voltage and current of the test generator, from which the power-factor can be determined.

F.2 Determination of short-circuit time-constant (oscillographic method)

The value of the time-constant is given by the abscissa corresponding to the ordinate $0,632 A_2$ of the ascending part of the curve of the oscillogram of calibration of the circuit (see Figure 14).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annex G (informative)

Measurement of creepage distances and clearances

G.1 Basic principles

The widths X of grooves specified in Figures G.3 to G.13 basically apply to all examples as a function of pollution as listed in Table G.1:

Table G.1 – Minimum widths of grooves

Pollution degree	Minimum values of widths X of grooves mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

For creepage distance across the fixed and moving insulation of contact carriers, no minimum value of X is required across insulated parts which move relative to each other (see Figure G.2).

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to one-third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following Figures G.3 to G.13. These examples do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

Furthermore:

- any corner is assumed to be bridged with an insulating link of X mm width moved into the most unfavourable position (see Figure G.5),
- where the distance across the top of a groove is X mm or more, a creepage distance is measured along the contours of the grooves (see Figure G.6);
- creepage distances and clearances measured between parts moving in relation to each other are measured when these parts are in their most unfavourable positions.

G.2 Use of ribs

Because of their influence on contamination and their better drying-out effect, ribs decrease considerably the formation of leakage current. Creepage distances can therefore be reduced to 0,8 of the required value provided the minimum height of the ribs is 2 mm (see Figure G.1).

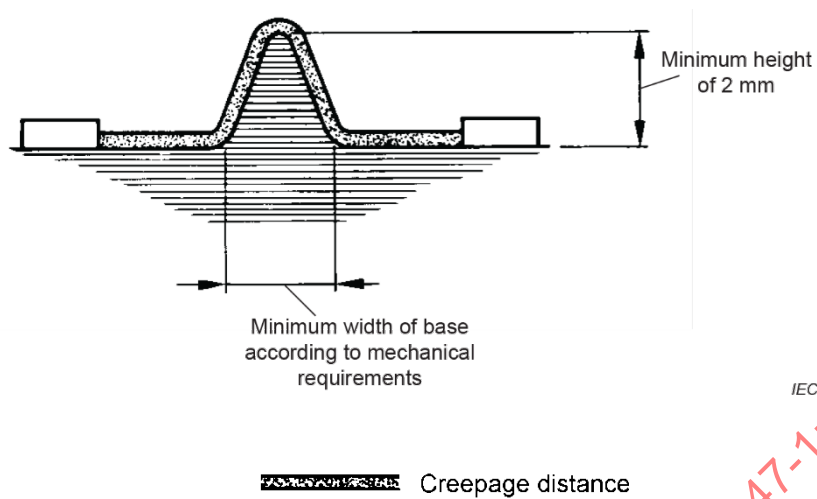


Figure G.1 – Measurement of ribs

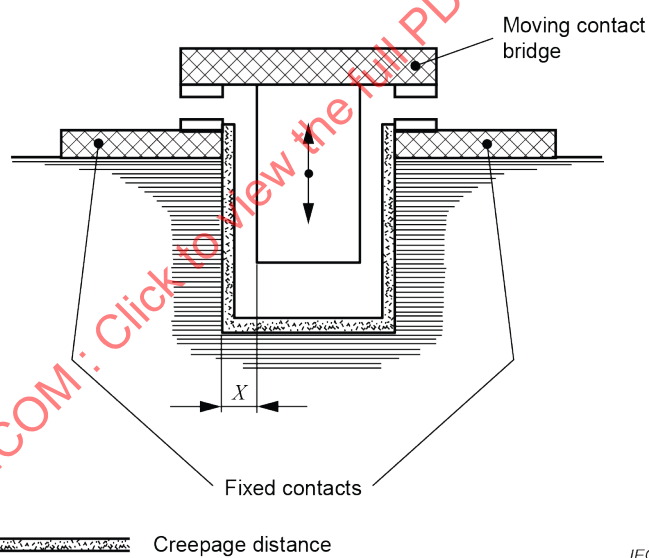
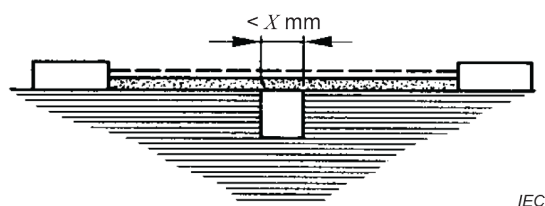


Figure G.2 – Creepage distance across the fixed and moving insulation of contact carriers



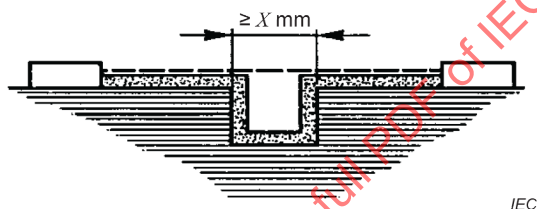
Condition: This creepage distance path includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.3 – Example 1



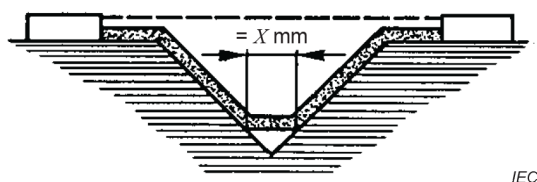
Condition: This creepage distance path includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the “line-of-sight” distance. Creepage distance path follows the contour of the groove.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.4 – Example 2



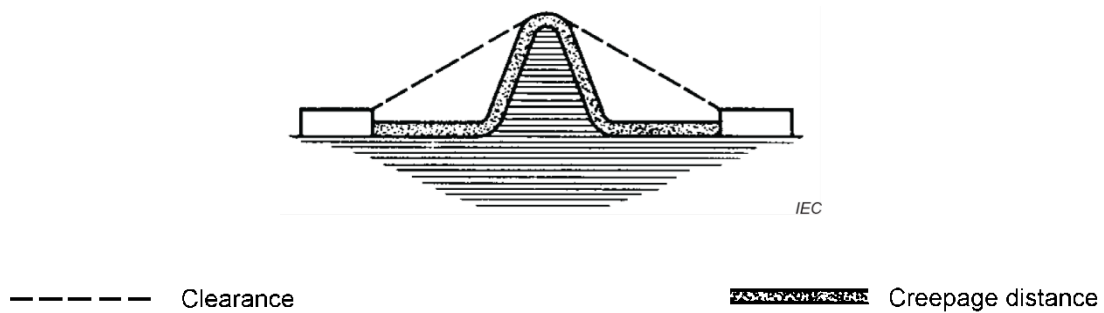
Condition: This creepage distance path includes a V-shaped groove with a width greater than X mm

Rule: Clearance is the “line-of-sight” distance. Creepage distance path follows the contour of the groove but “short-circuits” the bottom of the groove by X mm link.

----- Clearance

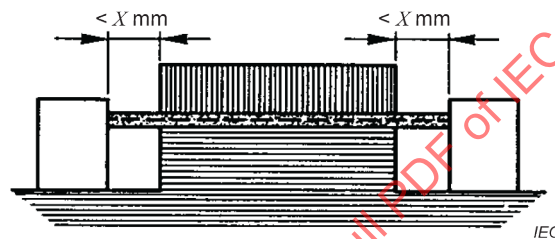
Creepage distance

Figure G.5 – Example 3

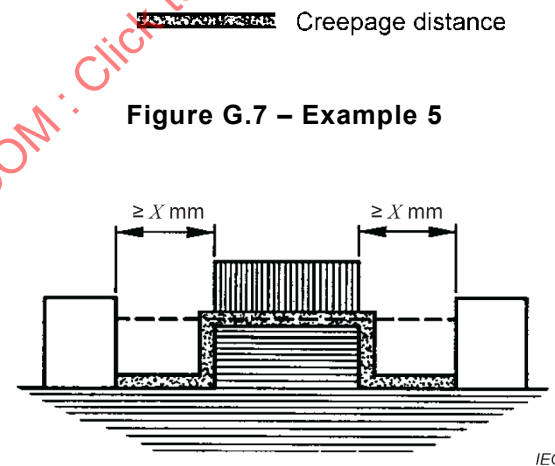


Condition: This creepage distance path includes a rib. Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

Figure G.6 – Example 4

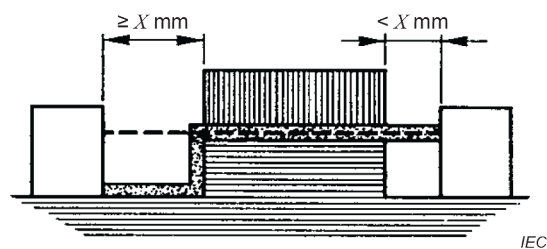


Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side. Rule: Creepage distance and clearance path is the "line-of-sight" distance shown.



Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side. Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the grooves.

Figure G.8 – Example 6



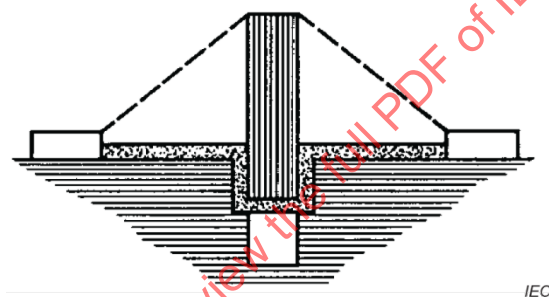
Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage distance paths are as shown.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.9 – Example 7



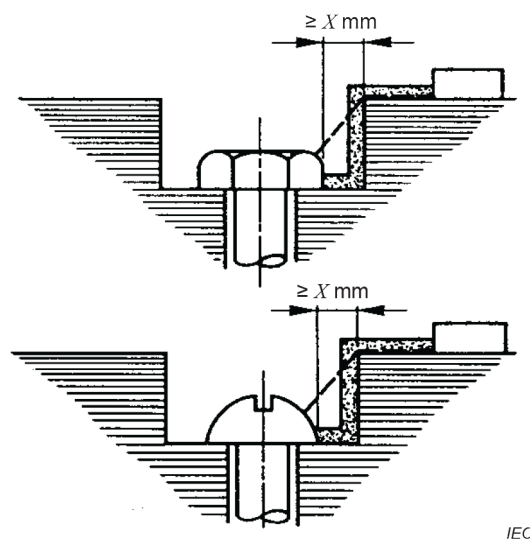
Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.10 – Example 8



IEC

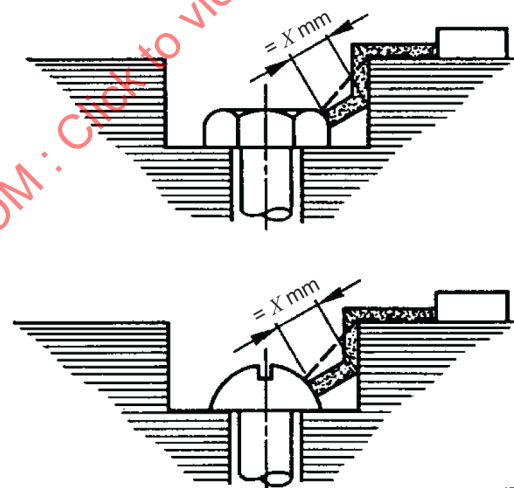
Condition: Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Rule: Clearance and creepage distance paths are as shown.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.11 – Example 9



IEC

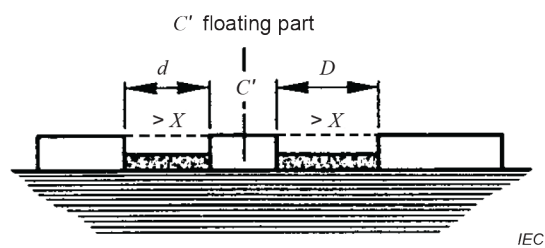
Condition: Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Rule: Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

----- Clearance

Creepage distance

Figure G.12 – Example 10



Clearance is the distance $d + D$

Creepage distance is also $d + D$

----- Clearance

 Creepage distance

Figure G.13 – Example 11

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annex H (informative)

Correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of equipment

This annex is intended to give the necessary information concerning the choice of equipment for use in a circuit within an electrical system or part thereof.

Table H.1 provides examples of the correlation between nominal supply system voltages and the corresponding rated impulse withstand voltage of equipment.

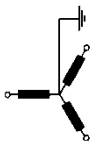
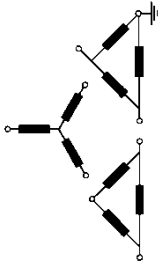
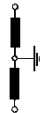
The values of rated impulse withstand voltage given in Table H.1 are based on the performance characteristics of surge arresters.

NOTE It can be recognized that control of overvoltages with respect to the values in Table H.1 can also be achieved by conditions in the supply system such as the existence of a suitable impedance or cable feed.

In such cases when the control of overvoltages is achieved by means other than surge arresters, guidance for the correlation between the nominal supply system voltage and the equipment rated impulse withstand voltage is given in IEC 60364-4-44.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Table H.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and the equipment rated impulse withstand voltage, in case of overvoltage protection by surge-arresters according to IEC 60099-12

Maximum value of rated operational voltage to earth	Nominal voltage of the supply system ($\leq$ rated insulation voltage of the equipment)				Preferred values of rated impulse withstand voltage (1,2/50 μ s) at 2 000 m kV
	Overvoltage category				
	IV	III	II	I	
					
	AC RMS V	AC RMS V	AC RMS or DC V	AC RMS or DC V	
50	–	–	12,5, 24, 25 30, 42, 48	60-30	1,5
100	66/115	66	60	–	2,5
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110, 240-120	4
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220	6
600	347/600, 380/660 400/690, 415/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	960-480	8
1 000	–	660 690, 720 830, 1 000	1 000	–	12
					0,5
					0,8
					1,5
					2,5
					4
					6
					8
					12
					15
					20
					25
					31,5
					40
					50
					63
					80
					100
					125
					160
					200
					250
					315
					400
					500
					630
					800
					1 000
					1 250
					1 600
					2 000
					2 500
					3 150
					4 000
					5 000
					6 300
					8 000
					10 000
					12 500
					16 000
					20 000
					25 000
					31 500
					40 000
					50 000
					63 000
					80 000
					100 000
					125 000
					160 000
					200 000
					250 000
					315 000
					400 000
					500 000
					630 000
					800 000
					1 000 000
					1 250 000
					1 600 000
					2 000 000
					2 500 000
					3 150 000
					4 000 000
					5 000 000
					6 300 000
					8 000 000
					10 000 000
					12 500 000
					16 000 000
					20 000 000
					25 000 000
					31 500 000

Annex J (informative)

Items subject to agreement between manufacturer and user

For the purpose of this annex:

- “agreement” is used in a very wide sense (for example, information given in manufacturer’s catalog is a form of agreement);
- “user” includes testing stations.

Clause or subclause number in this document	Item
3.8.4	Special test.
7.1	Non-standard conditions in service.
7.1.1	Equipment intended to be used in ambient air temperature above or below the range -5°C to $+40^{\circ}\text{C}$.
7.1.2	Equipment intended to be used at higher altitudes than 2 000 m.
7.2	Conditions during transport and storage, if different from those specified in this subclause.
8.2.1.2	Operating limits of latched equipment.
8.2.2.1	Compliance with IEC 60085 and/or IEC 60216-2 for insulating materials (to be demonstrated by the manufacturer).
8.2.2.2 (Table 2)	Use in service of connected conductors of cross-section significantly smaller than those listed in Table 9 and Table 10.
8.2.2.3 (Table 3)	Information to be given by the manufacturer on temperature-rise limits of resistors for enclosures.
8.2.2.7	Operating conditions of pulse-operated coils (to be defined by the manufacturer).
9.1.1	Special tests.
9.1.4	Sampling tests.
9.2.5.3	Flexion test on flat copper conductors.
9.3.2.1	To increase the degree of severity of a test for convenience of testing. Smallest enclosure for testing equipment intended for use in more than one type or size of enclosure.
9.3.2.2.2	More severe test conditions (with the manufacturer’s agreement). Acceptance of equipment tested at 50 Hz for use at 60 Hz (or vice versa). See Note 2 of Table 18.
9.3.2.2.3 (Note 3)	Increasing the upper limit of the power-frequency recovery voltage (subject to manufacturer’s agreement).
9.3.3.3.4 Temperature-rise test of the main circuit	Testing DC rated equipment with an AC supply (subject to manufacturer’s agreement). Testing multipole equipment with single-phase current. Test connection arrangement for values of test current higher than 3 150 A. Use of conductors of smaller cross-section than those specified in Table 9, Table 10 and Table 11 (subject to manufacturer’s agreement).
9.3.3.4.1	Dielectric tests at power-frequency or DC voltage (subject to manufacturer’s agreement).
9.3.3.5.2 (Note 3) 9.3.4.1.2 (Note 2)	Conditions of acceptance of a prospective fault current $< 1\,500\text{ A}$ (with manufacturer’s agreement). b) In the test circuit for short-circuit testing, shunting the air-cored reactor by resistors different from those defined in item b); c) Diagram of the test circuit for short-circuit testing, if different from that of Figure 9, Figure 10, Figure 11 or Figure 12.
9.3.4.3	Increase of the value of the test current for I_{cw} Verification of ability to carry I_{cw} on AC current for DC rated equipment.

Annex K

(normative)

Procedure to determine reliability data for electromechanical devices used in functional safety applications

K.1 General

K.1.1 Overview

Provision of these data is at the discretion of the manufacturer.

K.1.2 Object

This annex specifies procedures for the provision of specific data characterising the performance of electromechanical devices in functional safety applications for high demand or continuous mode of operation as defined in IEC 61508 (all parts).

This method is not applicable to electronic parts.

For non-electromechanical devices, reference can be made to IEC 61508-6 for guidance on the calculation of the probability of failure ratio. Failure rate of electronic parts should be evaluated with reliability data handbook, for example IEC TR 62380.

NOTE The use of reliability data according to this annex is not appropriate for low demand applications. Low demand mode of operation is under consideration.

These data are required by functional safety standards including IEC 61508 series, IEC 62061, ISO 13849-1.

The product standard shall define the function(s) and the failure modes that will be considered.

K.1.3 General requirements

The specific data for functional safety shall be obtained with this procedure.

The procedure is based on statistical analysis of test results in order to generate reliability data.

The requirements of this annex may be further specified by the relevant product standard in terms of relevant tests, failure modes and their ratios.

The confidence level related to failure rate calculation during the useful life of the device shall be at least 60 %.

NOTE The parameters associated with the reliability data are chosen for being consistent with those of other products also used in functional safety applications.

The statistical data obtained according to this annex are valid only during the useful life of the device.

In this annex, to keep statistical consistency, the term "time" can refer to the number of operation cycles.

This annex does not consider replacement of parts of the devices during test and application.

K.2 Terms, definitions and symbols

K.2.1 Terms and definitions

K.2.1.1

reliability

ability of an item to perform a required function under given conditions for a given time interval

K.2.1.2

useful life

under given conditions, the time interval beginning at a given instant of time, and ending when the failure rate becomes unacceptable

Note 1 to entry: The useful life may be expressed in number of operations.

K.2.1.3

constant failure rate period

that period, if any, in the life of a non-repaired item during which the failure rate is approximately constant

K.2.1.4

overall lifetime

lifetime of the device which should not be exceeded in order to maintain the validity of the estimated failure rates due to random hardware failures

Note 1 to entry: Overall lifetime covers also periods of non-use e.g. storage. The overall lifetime is expressed in number of years.

Note 2 to entry: It corresponds to T_1 according to IEC 62061 and to T_M according to ISO 13849-1.

K.2.1.5

censoring

terminating a test after either a given duration, or a given number of failure

Note 1 to entry: A test terminated when there are still unfailed items may be called a "censored test" and test time data from such test may be referred to as "censored data"

[SOURCE: 3.1.1 of IEC 61649:2008]

K.2.1.6

suspended item

item upon which testing has been curtailed without relevant figures

Note 1 to entry: The item may not have failed, or it may have failed in a mode other than that other investigation

Note 2 to entry: An "early suspension" is one that was suspended before the first failure. A "late suspension" is suspended after the last failure.

K.2.1.7

no-make-break-current utilization

conditions in which the switching device makes and breaks without load

K.2.1.8

time to failure

operating time accumulated from the first use, or from restoration, until failure

Note 1 to entry: The time to failure may be expressed in number of operations.

K.2.2 Symbols

n	number of samples tested
r	number of failures
t	number of operating cycles
η	Weibull characteristic life or scale parameter
β	Weibull shape parameter
c	number of operations per hour
λ_u	assessed failure rate (upper limit) at confidence level of 60 % expressed in per operation
λ	failure rate expressed in per hour
λ_D	dangerous failure rate expressed in per hour
r^2	coefficient of determination

K.3 Method based on durability test results

K.3.1 General method

In order to address random hardware failure the method is based on results given by continuous monitoring of the devices under the appropriate durability test.

K.3.2 Test requirements

The test environment shall be in accordance with Clause 6 and any related requirements from the relevant product standard.

Mechanical durability shall be determined in accordance with 8.2.4.3.1. For the no-make-break-current utilization the mechanical durability is applicable.

Electrical durability shall be determined in accordance with 8.2.4.3.2 using the utilization category defined by the product standard or as stated by the manufacturer.

K.3.3 Number of samples

The number of samples to be tested shall be chosen as a matter of engineering judgment according to IEC 61649 and IEC 60300-3-5.

This should take into account the statistical method (see Clause 4 of IEC 61649:2008) and the uncertainty of the confidence level of the reliability data to be obtained.

K.3.4 Characterization of a failure mode

If not otherwise specified by the relevant product standard or the manufacturer, the occurrence of one or more of the failure modes listed in Table K.1 shall lead to the conclusion of the test for that sample. These data shall be recorded.

The attainment of the specified number of operating cycles given by the manufacturer can also lead to the conclusion of the test (censoring or suspension of tests). Nevertheless a sufficient number of failures (per failure mode) should occur in order to allow the statistical analysis.

Table K.1 – Failure modes of devices

Failure modes	Characteristics for a switching contact
Failure to open	current remaining in one or more poles after the time for normal opening operation
Failure to close	no current in one or more poles after the normal time to close
Insulation failure	insulation failure between two poles or between any pole and any adjacent conductive parts that result in the loss of a safety function

K.3.5 Weibull modelling

K.3.5.1 Evaluation of data

For the determination of the Weibull characteristic life or scale parameter, the Weibull shape parameter and the failure rates proven statistical software or spreadsheet solutions are available. The following describe the necessary steps.

K.3.5.2 Modelling method

The reliability data are obtained by modelling the test result data with the Weibull distribution according to IEC 61649.

The median rank regression (MRR) shall be used if the number of failures is equal or less than 20. If the number of failures is greater than 10, the maximum likelihood estimation (MLE) method can be used to get the point estimates of the distribution parameters β and η . The Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit test (H) with the Fisher distribution (F_γ) at $\gamma = 60\%$ shall be checked with Equation (K.1) to validate the result data:

$$H \geq F_\gamma \left(2 \left\lfloor (r-1)/2 \right\rfloor, 2 \left\lfloor r/2 \right\rfloor \right) \quad (\text{K.1})$$

where the symbol $\lfloor x \rfloor$ is used to denote the greatest integer less than or equal to x .

NOTE 1 IEC 61649 provides details and examples of calculation.

In the case the numbers of failures is between 10 and 20 it is advisable to evaluate with the MRR and the MLE. The more severe result should be taken.

If a test is terminated at a specified time, T , before all items have failed, then the data are said to be time censored. An item on test that has not failed by the failure mode in question is a suspension. Normally, suspensions are included in the analysis by adjustment of the ranking. However this Annex provides a method for the estimation of Weibull parameters that is simplified by the omission of suspensions. Further discussion of censoring and suspension is covered in IEC 60300-3-5 and associated computations are covered by IEC 61649.

NOTE 2 IEC 61649 gives further guidance for the evaluation with a spreadsheet.

K.3.5.3 Median rank regression

Median Rank Regression (MRR) is the preferred method for estimating the parameters of the distribution using linear regression techniques with the variables being the median rank and operation cycle.

If a table of median ranks and a means to calculate median ranks using the Beta distribution is not available, Bernard's approximation, Equation (K.2), may be used where:

$$F_i = \frac{(i-0,3)}{(N+0,4)} \times 100 \% \quad (\text{K.2})$$

where N is the sample size and i is the ranked position of the data item of interest.

NOTE 1 This equation is mostly used for $N \leq 30$; for $N > 30$ the correction of the cumulative frequency can be neglected: $F_i = (i/N) \times 100 \%$.

Small sample size makes it difficult to gauge the goodness-of-fit. The coefficient of determination is the most commonly used for checking the Weibull distribution. This shall be calculated using Equation (K.3):

$$r^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n} \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n(\bar{x})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n(\bar{y})^2 \right)} \quad (\text{K.3})$$

where (x_i) and (y_i) , are the median ranks and $i = [1..n]$ the ranked position of the data item of interest.

r^2 is the proportion of variation in the data that can be explained by the Weibull hypothesis. The closer this is to 1, the better the data are fitted to a Weibull distribution; the closer to 0 indicates a poor fit.

The following are the steps to plot data sets.

- first, rank the times in operation cycle from earliest to latest;
- use Bernard's approximation (Equation (K.2)) to calculate the median ranks;
- plot the failure times (x) versus the median ranks $F_i (y)$ on 1×1 Weibull paper or log-log paper to derive x_{ln} and y_{ln} ;
- calculate a straight regression function to get the equation for the line:

$$y_{ln} = \hat{\beta} x_{ln} + b \quad (\text{K.4})$$

where

x_{ln} is the failure time on log scale,

y_{ln} is the median rank on log scale,

b is the offset of the straight regression.

- calculate

$$\hat{\eta} = e^{\left(\frac{b}{\hat{\beta}} \right)}; \quad (\text{K.5})$$

- plot the regression line on the graph to verify the fit.

NOTE 2 Normally for an electromechanical devices, $\hat{\beta}$ is greater or equal to 1.

K.3.6 Useful life and upper limit of failure rate

K.3.6.1 Numerical method

Assuming a constant failure rate, the useful life is determined as the lower confidence level of the number of cycles by which 10 % of the device population will have failed ($B_{10|LowerLimit}$).

For 20 or fewer data points, with or without censoring times, the Weibull parameters $\hat{\beta}$ and $\hat{\eta}$ obtained with Median Rank Regression (MRR) in K.3.5.3 shall be used.

K.3.6.2 Point estimate of the fractile (10 %) of the time to failure

Compute $\hat{B}_{10}$ using Equation (K.6), the point estimate of B_{10} , the time by which 10 % of the population will have failed:

$$\hat{B}_{10} = \hat{\eta} \left[\ln \left(\frac{1}{0,9} \right) \right]^{1/\hat{\beta}} \quad (\text{K.6})$$

K.3.6.3 Useful life

Compute the lower $(1 - \gamma)100$ % confidence level of B_{10} using Equations (K.7), (K.8), (K.9) and (K.10):

$$h_1 = \ln [-\ln(0,9)] \quad (\text{K.7})$$

$$\delta_1 = \frac{-A_6 x^2 - r h_1 + x \sqrt{(A_6^2 - A_4 A_5) x^2 + r A_4 + 2 r h_1 A_6 + r A_5 h_1^2}}{r - x^2 A_5} \quad (\text{K.8})$$

where

$x = u_\gamma$ is the γ fractile of the normal distribution. Unless otherwise specified by the manufacturer, a 60 % lower confidence level shall be used (hence $\gamma = 0,4$ and $u_\gamma = 0,253\,3$).

A_4, A_5 and A_6 are computed as follows, using the ratio $q = r/n$:

$$A_4 = 0,49q - 0,134 + 0,622\,q^{-1};$$

$$A_5 = 0,244\,5\,(1,78 - q)\,(2,25 + q);$$

$$A_6 = 0,029 - 1,083\,\ln\,(1,325q).$$

NOTE For further reference, see 10.4 and 10.5 of IEC 61649:2008.

$$Q_1 = e^{\left(\frac{\delta_1 + h_1}{\hat{\beta}} \right)} \quad (\text{K.9})$$

$$B_{10|LowerLimit} = Q_1 \hat{B}_{10} \quad (\text{K.10})$$

This value of $B_{10|LowerLimit}$ is considered as the useful life.

K.3.6.4 Upper limit of failure rate

The upper limit of failure rate per operation is given by the following Equation (K.11):

$$\lambda_u = \frac{-\ln(0,9)}{B_{10|LowerLimit}} \approx \frac{1}{10 \times B_{10|LowerLimit}} \quad (K.11)$$

K.3.7 Reliability data

The resulting reliability data from the previous evaluations are:

- failure rate per operation: λ_u .
- useful life value = $B_{10|LowerLimit}$

For a given application where the number of operation per hour c is lower than the maximum switching rate, the failure rate, λ , expressed in “per hour”, is given by the failure rate, expressed in “per operation”, λ_u , multiplied by c :

$$\lambda = \lambda_u \times c \quad (K.12)$$

The value for F (ratio between dangerous failures and total failures) for each of the failure modes of Table K.1 is defined by the relevant product standard. When this is available and relevant, it shall be used for the evaluation of the dangerous failure rate.

If it can be shown that it is not relevant due to device design characteristics, the manufacturer can determine the value for F by analysis and the evaluation of the statistical data of the failure modes obtained during the tests. In this case, the minimum percentage allowed for the value of F shall be 20 %.

In the case where no data are available in the product standard and it is not possible or practicable by these methods to determine the value for F , 50 % of the failures should be selected.

$$\lambda_D = \lambda \times F \quad (K.13)$$

NOTE B_{10} values can be used to provide B_{10D} values:

$$B_{10D} = \frac{B_{10|LowerLimit}}{F}$$

K.4 Data information

A set of reliability data of the product shall include a combination of the following characteristics where relevant:

- failure rate per operation λ_u (see K.3.7);
- useful life (see K.3.6.3);
- confidence level if different from 60 %;
- no-make-break-current or utilization category;
- maximum switching rate;
- maximum voltage, if different from U_e ;
- maximum operational current for the specified utilization category, if different from I_e ;

- overall life time = 20 years unless otherwise specified by the manufacturer;

NOTE The overall life time of 20 years is generally used as a statistical reference for reliability analysis.

- environment conditions if different from the normal conditions.

Examples are given in K.5.1 to K.5.3.

K.5 Example

K.5.1 Test results

A total of 15 devices ($n = 15$) have been tested at the same time until all have failed. The 15 times to failure ($r = 15$) are ordered with i in the Table K.2.

Table K.2 – Example of 15 sorted ascending times to failure of contactors

i	Cycles t_i
1	1 000 000
2	1 250 000
3	1 400 000
4	1 550 000
5	1 650 000
6	1 750 000
7	1 850 000
8	1 950 000
9	2 050 000
10	2 150 000
11	2 280 000
12	2 420 000
13	2 500 000
14	2 700 000
15	2 800 000

K.5.2 Weibull distribution and median rank regression

The calculation of median ranks gives the following results (see Table K.3):

Table K.3 – Example median rank calculation

i	Cycles t_i	Median ranks
1	1 000 000	4,5 %
2	1 250 000	11,0 %
3	1 400 000	17,5 %
4	1 550 000	24,0 %
5	1 650 000	30,5 %
6	1 750 000	37,0 %
7	1 850 000	43,5 %
8	1 950 000	50,0 %
9	2 050 000	56,5 %
10	2 150 000	63,0 %
11	2 280 000	69,5 %
12	2 420 000	76,0 %
13	2 500 000	82,5 %
14	2 700 000	89,0 %
15	2 800 000	95,5 %

The coefficient of determination $r^2 = 0,998$. This value, close to 1, indicates a good fit to a Weibull distribution.

The linear regression with two natural logarithm scales gives: $y = 3,908 x - 57$.

From this equation, the distribution parameters can be derived: $\hat{\beta} = 3,908$ and $\hat{\eta} = 2\,149\,131$.

The fitting result obtained by MRR gives the assurance of a good Weibull distribution (see Figure K.1).

K.5.3 Useful life and failure rate

To calculate the lower confidence level of the number of cycles by which 10 % of the contactors will have failed, this example follows K.3.5.

The point estimate $\hat{B}_{10} = 1\,212\,879$

The factor $Q_1 = 0,960\,1$ and $B_{10|lowerLimit} = 1\,164\,541$

Finally, the upper limit of the failure rate $\lambda_u = 9,05 \times 10^{-8}$

The result of this numerical method is illustrated by the Figure K.1.

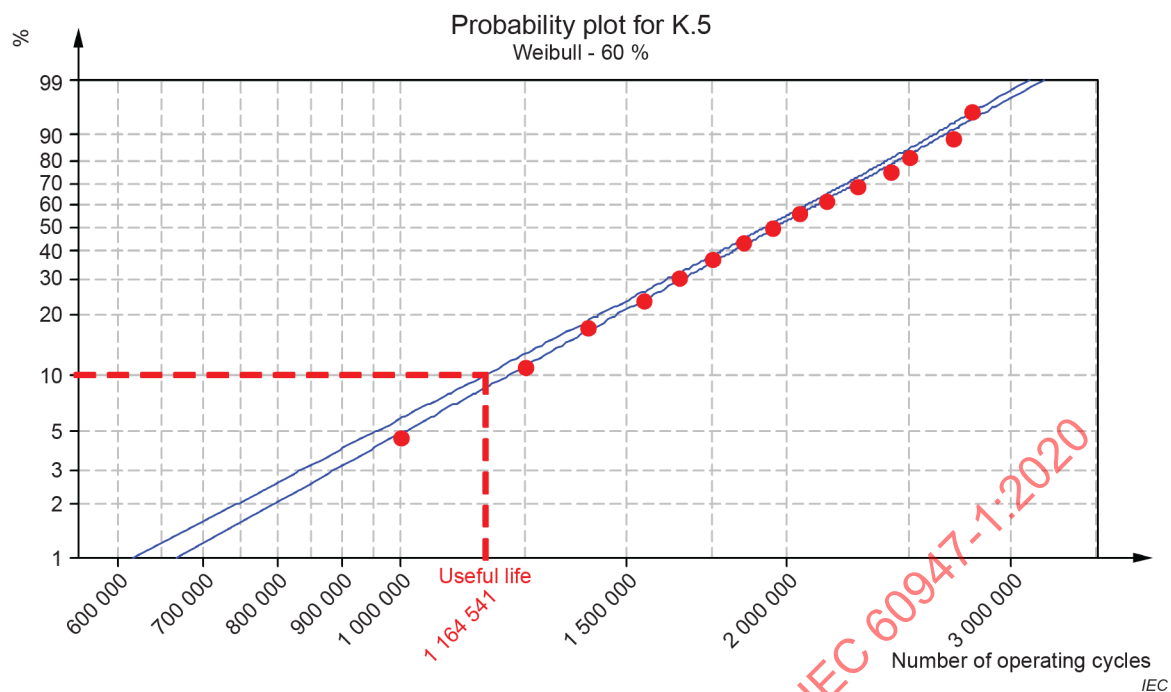


Figure K.1 – Plot of Weibull median rank regression

Annex L (normative)

Terminal marking and distinctive number

L.1 General

The purpose of identifying terminals of switching devices is to provide information regarding the function of each terminal, or its location with respect to other terminals, or for other use.

The terminal marking applies to switching devices as delivered by the manufacturer, and shall be free from ambiguity, that is each marking shall occur only once. However, two terminals connected by construction may have the same marking.

The marking of different terminals of a circuit element shall indicate that they are in the same current path.

The marking of the terminals of an impedance shall always be alphanumerical and have one or two letters indicating the function, followed by a number. The letters shall be capitals (upper case) Roman characters only and the numerals shall be Arabic numerals.

For contact element terminals, one of the terminals is marked with an odd number, the other terminals of the same contact element are marked with the immediately higher even numbers.

If incoming and outgoing terminals of an element are to be specifically identified as such, then the lower number shall be chosen for the incoming terminal (thus incoming 11 and outgoing 12, incoming A1 and outgoing A2).

NOTE 1 The equipment dealt with in the following Clauses L.2 and L.3 is also illustrated by graphical symbols in accordance with IEC 60617. These symbols are not intended to be used for terminal marking on the equipment.

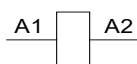
NOTE 2 The position of the terminals shown in the illustrations is not intended to convey any information on the actual position of the terminals on the device itself.

For low-voltage switchgear not covered by the following clauses or examples, a manufacturer may choose a suitable terminal marking following the principles of this clause.

L.2 Terminal marking of impedances (alphanumerical)

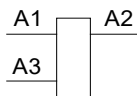
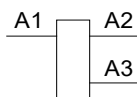
L.2.1 Coils

L.2.1.1 The two terminals of a coil for an electromagnetically operated drive shall be marked by A1 and A2.

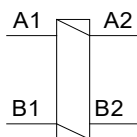


L.2.1.2 For a coil with tapplings, the terminals of the tapplings are marked in sequential order A3, A4, etc.

EXAMPLES



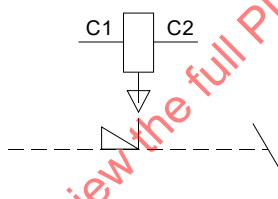
L.2.1.3 For a coil having two windings, the terminals of the first winding shall be marked A1, A2 and of the second winding B1, B2.



L.2.2 Electromagnetic releases

L.2.2.1 Shunt release

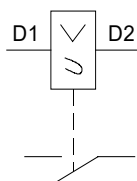
The two terminals of a shunt release shall be marked C1 and C2.



For a device with two shunt releases (for example with different ratings), the terminal of the second release should be marked preferably C3 and C4.

L.2.2.2 Under-voltage release

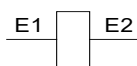
The two terminals of a coil intended to be used exclusively as an under-voltage release shall be marked D1 and D2.



For a device with two under-voltage releases (for example with different ratings), the terminal of the second release should be marked preferably D3 and D4.

L.2.3 Interlocking electromagnets

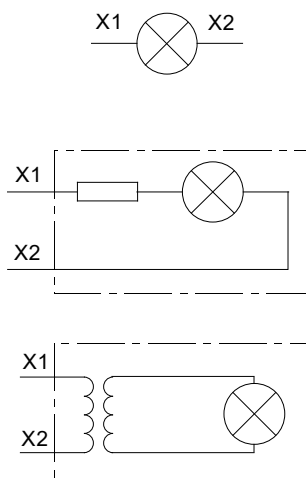
The two terminals of an interlocking electromagnet shall be marked E1 and E2.



L.2.4 Indicating light devices

The two terminals of an indicating light device shall be marked X1 and X2.

EXAMPLES



NOTE The term "indicating light devices" includes any incorporated resistor or transformer.

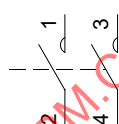
L.3 Terminal marking of contact elements for switching devices with two positions (numerical)

L.3.1 Contact elements for main circuits (main contact elements)

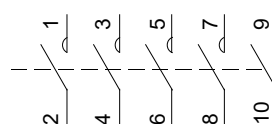
The terminals of main switching elements are identified by single figure numbers.

Each terminal marked by an odd number is associated with that terminal marked by the following even number.

EXAMPLES



Two main contact elements



Five main contact elements

When a switching device has more than five main contact elements, alphanumerical marking shall be chosen, according to IEC 60445.

L.3.2 Contact elements for auxiliary circuit (auxiliary contact elements)

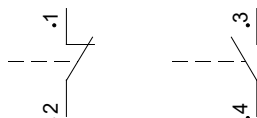
L.3.2.1 General

The terminals of auxiliary contact elements are identified by two-figure numbers:

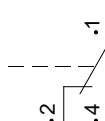
- the figure of the units is a function number;
- the figure of the tens is a sequence number.

L.3.2.2 Function number

L.3.2.2.1 Function numbers 1 and 2 are allocated to break-contact elements and functions 3 and 4 to make-contact elements (break-contact element, make-contact element as defined in IEC 60050-441).



The terminals of change-over contact elements are marked by the function numbers 1, 2 and 4.



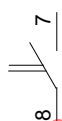
L.3.2.2.2 Auxiliary contact elements with special functions, such as time-delayed auxiliary contact elements, are identified by the function numbers 5 and 6, 7 and 8 for break-contact elements and make-contact elements respectively.

EXAMPLES

Break-contact delayed on closing



Make-contact delayed on closing



The terminals of change-over contact elements with special functions are marked by the function numbers 5, 6 and 8.

EXAMPLE

Change-over contact delayed in both directions

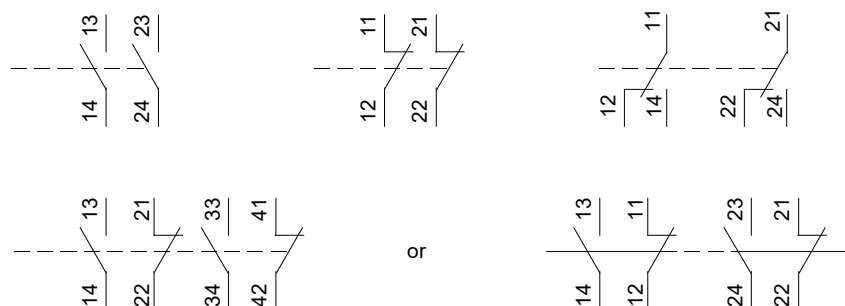


L.3.2.3 Sequence number

Terminals belonging to the same contact elements are marked with the same sequence numbers.

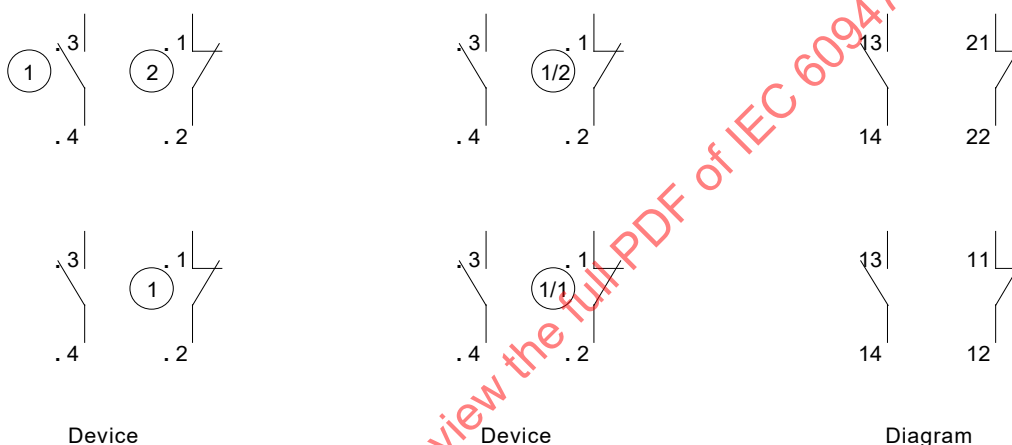
All contact elements having the same function shall have different sequence numbers.

EXAMPLES



L.3.2.2.2 The sequence number may be omitted from the terminals only if additional information provided by the manufacturer or the user clearly gives such a number.

EXAMPLES

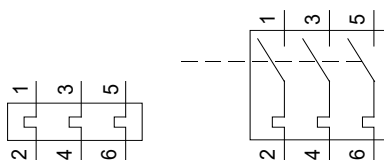


NOTE The dots shown in the examples of L.3.2 are merely used to show the relationship and do not need to be used in practice.

L.4 Terminal marking of overload protection devices

The terminals of the main circuits of an overload protection device are identified in the same manner as the terminals of main switching elements.

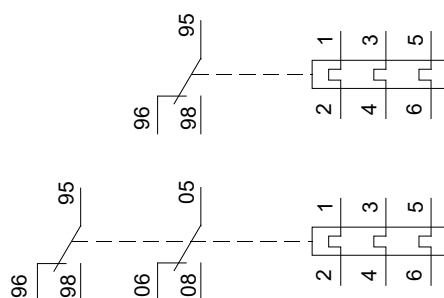
EXAMPLES



The terminals of an auxiliary contact element of an overload protection device are identified in the same manner as the terminals of a special contact element (see L.3.2.2.2) but with the sequence number 9.

If a second sequence number is required, it should be the number 0.

EXAMPLES

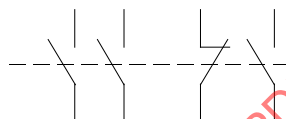


L.5 Distinctive number

A device with a fixed number of make-contact elements and break-contact elements may be allocated a two-figure distinctive number.

The first figure indicates the number of make-contact elements and the second figure the number of break-contact elements.

Distinctive number 31



L.6 Marking of terminals for external associated electronic circuit components, contacts and complete devices

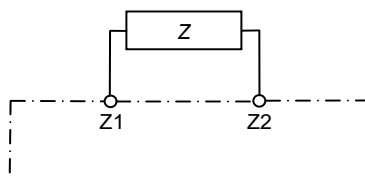
L.6.1 Marking of terminals for external associated electronic circuit components and contacts

L.6.1.1 General

Terminals for external associated electronic circuit components and contacts shall be marked in the following alphanumerical manner.

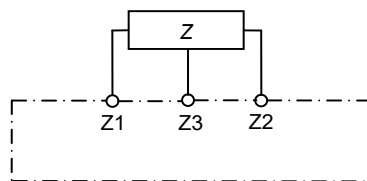
L.6.1.2 Marking of terminals for external associated impedances

L.6.1.2.1 The two terminals for an external associated impedance Z shall be marked $Z1$ and $Z2$.



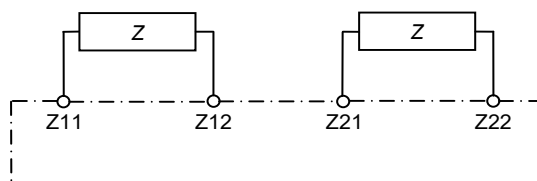
EXAMPLE

L.6.1.2.2 For an impedance Z with tapplings, the terminals for the tapplings shall be marked in sequential order $Z3$, $Z4$, etc.



EXAMPLE

L.6.1.2.3 In case of more than one impedance, the terminals shall be marked by using the letter Z and two-figure numbers, the first figure being a sequence number.

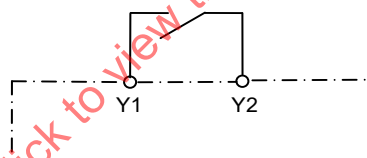


EXAMPLE

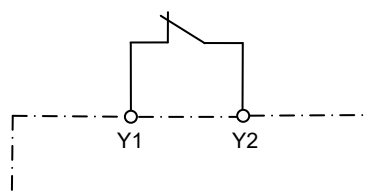
L.6.1.2.4 For particular application to a control system associated with thermistors for built-in thermal protection of rotating electrical machines, the rules for terminal marking T1, T2, ... or 1T1, 2T2, ... and 2T1, 2T2, ... are given in IEC 60947-8.

L.6.1.3 Marking of terminals for external associated contacts

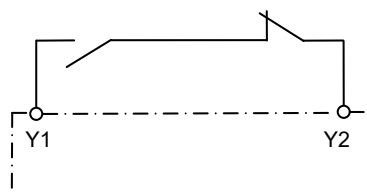
L.6.1.3.1 The two terminals for an external associated make or break contact or a group of contacts shall be marked Y1 and Y2.



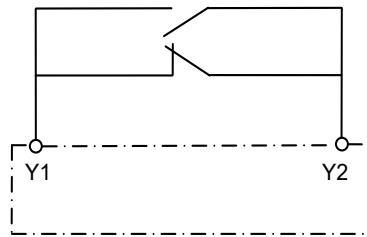
EXAMPLE 1



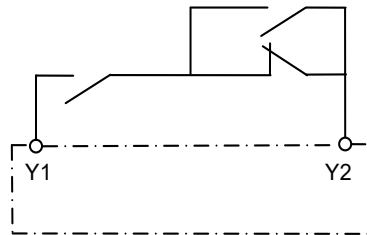
EXAMPLE 2



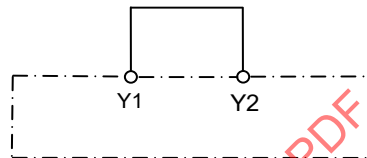
EXAMPLE 3



EXAMPLE 4



EXAMPLE 5

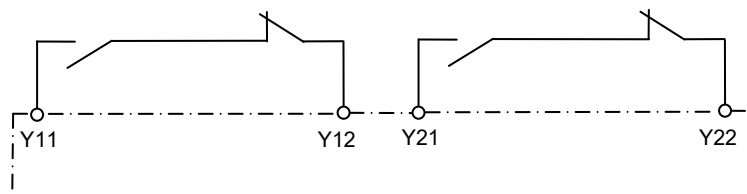


A bridge between two terminals is considered as a permanently closed contact and the corresponding terminals shall be marked Y1 and Y2.



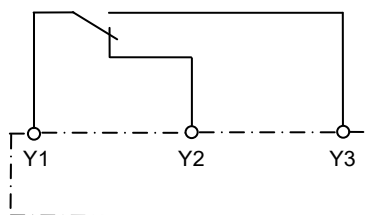
For an external circuit comprising an association of impedance(s) and contact(s), the corresponding terminals shall be marked Y1 and Y2.

L.6.1.3.2 In the case of more than one contact or one group of contact, the terminals shall be marked by using the letter Y and two-figure numbers, the first figure being a sequence number.

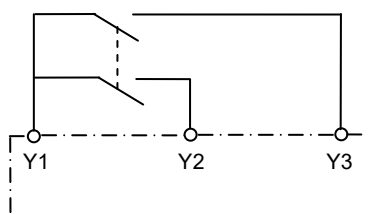


EXAMPLE

L.6.1.3.3 The three terminals necessary for connection of several contacts which operates simultaneously (e.g. forming a change-over contact) shall be marked Y1, Y2 and Y3, Y1 being the common.



EXAMPLE 1



EXAMPLE 2

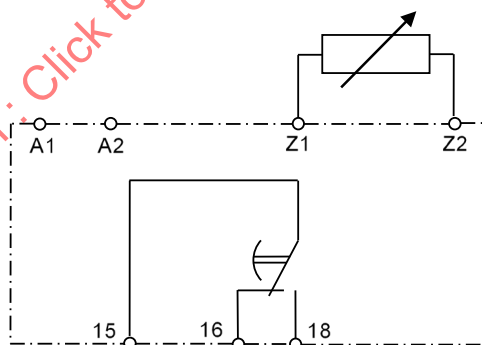
L.6.2 Marking of terminals for external complete devices

To illustrate the association with the general rules, four examples of the terminal marking of a complete device are given hereafter.

EXAMPLE 1

Switching device having:

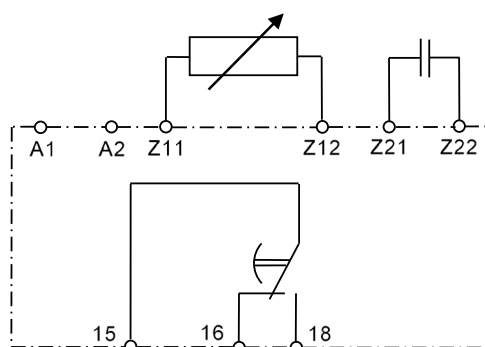
- two control supply terminals A1 and A2,
- two terminals Z1 and Z2, for an external associated variable resistor, and
- three terminals 15, 16 and 18, for an internal delayed change-over contact.



EXAMPLE 2

Switching device having:

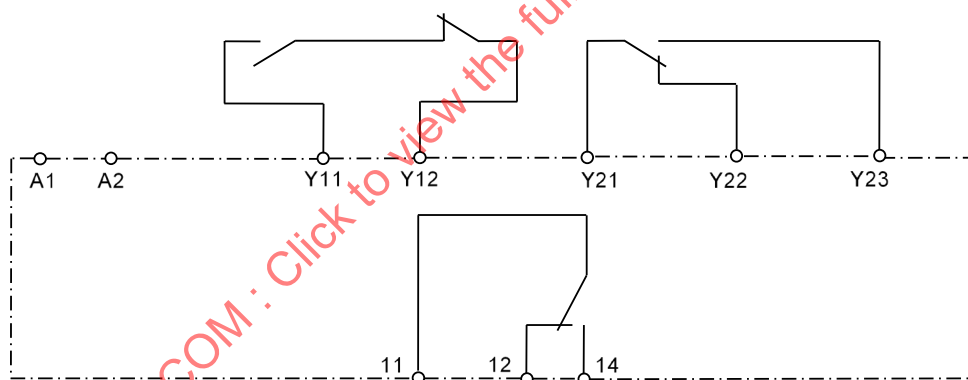
- two control supply terminals A1 and A2,
- four terminals for two external associated impedances (Z11 and Z12 for a variable resistor, and Z21 and Z22 for a capacitor), and
- three terminals 15, 16 and 18, for an internal delayed change-over contact.



EXAMPLE 3

Switching device having:

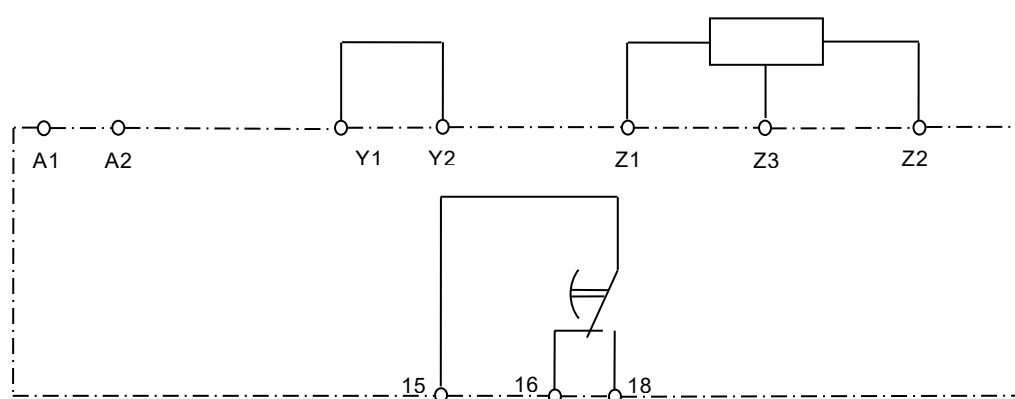
- two control supply terminals A1 and A2,
- two terminals Y11 and Y12, for an external associated group of contacts,
- three terminals Y21, Y22 and Y23, for an external associated change-over contact, and
- three terminals 11, 12 and 14, for an internal change-over contact.



EXAMPLE 4

Switching device having:

- two control supply terminals A1 and A2,
- two terminals Y1 and Y2, for an external bridge,
- three terminals Z1, Z3 and Z2, for an external associated resistor with a tapping, and
- three terminals 15, 16 and 18, for an internal delayed change-over contact.



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annex M (normative)

Flammability test

M.1 Hot wire ignition test (HWI)

M.1.1 Test sample

Five samples of each material shall be tested.

The rectangular bar-shaped samples shall be $125 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ long by $13 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ wide and of uniform thickness stated by the material manufacturer. The test method applies to moulded or sheet materials in thicknesses ranging from 0,25 mm to 6,4 mm.

Edges shall be free from burrs, fins, etc. and the radius on the corners shall not exceed 1,3 mm.

M.1.2 Description of test apparatus

The sample shall be fastened in a fixture which provides two supporting posts positioned 70 mm apart to support the test specimen in a horizontal position, at a height of 60 mm above the bottom of the chamber, in the approximate centre of the test chamber (see Figure M.1).

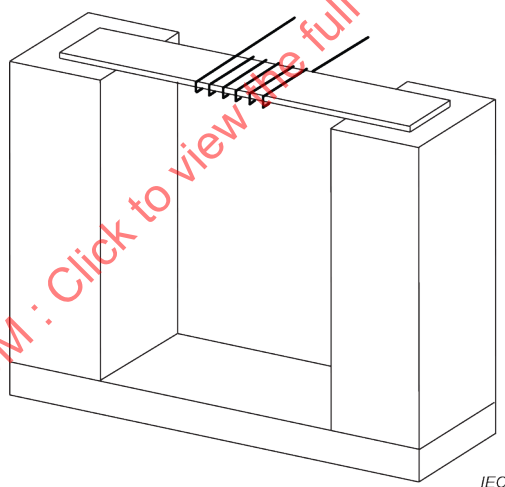


Figure M.1 – Test fixture for hot wire ignition test

A $250 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ length of NiCr-wire (80 % nickel, 20 % chromium, iron free) approximately 0,5 mm diameter and having a cold resistance of approximately $5,28 \Omega/\text{m}$ and a length-to-mass ratio of 580 m/kg shall be used. Prior to testing, the wire shall be connected in a straight length to a variable source of power which is adjusted to cause a power dissipation of 0,26 W/mm in the wire for a period of 8 s to 12 s.

After cooling, the wire shall be wrapped around a sample to form five complete turns spaced $6,35 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ apart. A winding fixture shall be used, which will uniformly position the wire in the centre portion of the sample with a winding force of $5,4 \text{ N} \pm 0,02 \text{ N}$.

The ends of the wire shall be connected to the variable power source.

The supply circuit capacity shall be sufficient to maintain a continuous linear 48 Hz to 62 Hz power density of at least 0,31 W/mm over the length of the heater wire at or near unity power factor. The power density of the supply circuit at 60 A and 1,5 V shall be approximate 0,3 W/mm. It shall be possible to adjust the power level, smoothly and continuously and measure the power to within ± 2 %.

M.1.3 Conditioning

Prior to testing, the test samples shall be maintained in a dry-as-moulded condition or alternatively, if this is not practical, the test samples shall be dried in an air-circulating oven at $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 168 h and cooled over silica-gel or other desiccant for a minimum of 4 h. Immediately prior testing, the specimens shall be conditioned for at least 40 h at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\text{ } \% \pm 5\text{ } \%$ relative humidity.

M.1.4 Test procedure

Start the test by energizing the circuit so that a current is passed through the heater wire yielding a linear power density of 0,26 W/mm over the whole length during the test.

Continue heating until the test specimen ignites. When ignition occurs, shut off power and record time to ignition. Ignition means an initiation of flaming produced by combustion in the gaseous phase which is accompanied by emission of light. Discontinue the test if ignition does not occur within 120 s. For specimens that melt through the wire without ignition, discontinue the test when the specimen is no longer in intimate contact with all five turns of the heater wire. The test shall be repeated on the remaining samples.

The thickness of each test sample and the time to ignition of each test sample or the time to melt through the wire of each test sample shall be recorded.

The test result for a given material within the tested thickness is the average time in seconds required for ignition.

M.2 Arc ignition test (AI)

M.2.1 Test sample

Five samples of each material shall be tested.

The rectangular bar-shaped samples shall be $125\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ long by $13\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ wide and of uniform thickness stated by the material manufacturer.

Edges shall be free from burrs, fins, etc. and the radius on the corners shall not exceed 1,3 mm.

M.2.2 Description of test apparatus

The test shall be made with a pair of test electrodes and a variable inductive impedance load connected in series to a source of 230 V AC, 50 Hz or 60 Hz (see Figure M.2).

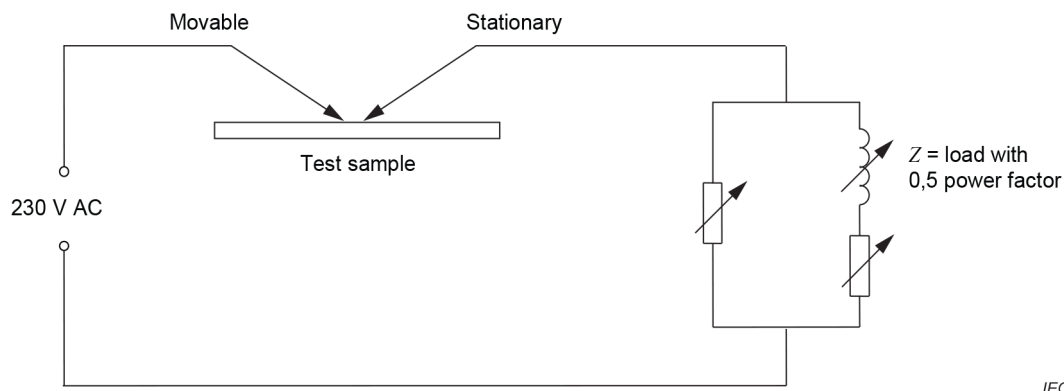


Figure M.2 – Circuit for arc ignition test

One electrode shall be stationary and the other movable. The stationary electrode shall consist of a solid copper conductor having a horizontal symmetric chisel point with a total angle of 30 °. The overall length of this fixed electrode shall be approximately 152 mm with a diameter of 3,2 mm.

The movable electrode shall be a stainless steel rod (X8CrNiS18-9), 3,2 mm diameter and approximately 152 mm long, having a symmetrical conical point with a total angle of 60 °, and shall be capable of being moved along its own axis. The radius of curvature for both electrode tips shall not exceed 0,1 mm at the start of a given test. The electrodes shall be located opposing each other, at an angle of 45 ° to the horizontal in a common vertical plane, orthogonal to the axis of the sample.

With the electrodes short-circuited, the variable inductive impedance load shall be adjusted until the current is 32,5 A at a power factor of 0,5.

M.2.3 Conditioning

Unless otherwise specified, special conditioning is not required.

M.2.4 Test procedure

The sample under test shall be supported horizontally in air on a nonconductive, inflammable basis, so that the electrodes, when touching each other, are in contact with the surface of the sample. The movable electrode shall be manually or otherwise controlled so that it can be withdrawn along its axis from contact with the stationary electrode to break the circuit, and lowered to remake the circuit, so as to produce a series of arcs at a rate of approximately 40 arcs/min, with a separation speed of 254 mm/s $\pm$ 25 mm/s. The test is to be continued until ignition of the sample occurs, a hole is burned through the sample, or a total of 200 make and break cycles has elapsed.

If a hole is burned through any sample of the set or ignition occurs, an extra set of three samples shall be tested, but with the electrodes making contact 1,6 mm above the surface of the sample. If ignition or a hole occurs to any of these samples, an additional set of three samples shall be tested with the electrodes making contact 3,2 mm above the surface of the sample.

The average number of arcs to ignition or the maximum number of 200 cycles and the thickness of each set of specimen shall be recorded.

M.3 HWI and AI requirements

The hot wire ignition (HWI) and arc ignition (AI) test value requirements related to the material's flammability category are indicated in Table M.1 and Table M.2. Each column represents HWI and AI minimum characteristics related to the flammability category.

NOTE Alternatively, the manufacturer can provide data from the insulating material supplier fulfilling the requirements given in this annex.

Table M.1 – HWI and AI characteristics for materials necessary to retain current carrying parts in position

Flammability category (IEC 60695-11-10)	V-0	V-1	V-2	HB
Part thickness ^a mm	Any ^b	Any ^b	Any ^b	Any ^b
HWI time to ignite, minimum s	7	15	30	30
AI minimum number of arcs to ignite	15	30	30	60
NOTE 1 There is no direct correspondence between the glow-wire-test temperatures and this table.				
NOTE 2 A manufacturer can use any flammability category of his own choice, but the requirements of HWI and, if applicable, AI can be fulfilled.				
EXAMPLE A material with flammability category V-1 of any thickness shall have a HWI value of at least 15 s and, if applicable, an AI value of at least 30 arcs.				
^a According to 9.2.2.2.				
^b According to the smallest thickness in application.				

Table M.2 – HWI and AI characteristics for materials other than those covered by Table M.1

Flammability category (IEC 60695-11-10)	V-0	V-1	V-2	HB
Part thickness mm	Any ^a	Any ^a	Any ^a	Any ^a
HWI time to ignite, minimum s	–	–	7	7
AI minimum number of arcs to ignite	–	–	15	15
^a According to the smallest thickness in application.				

Annex N (normative)

Requirements and tests for equipment with protective separation

N.1 General

The purpose of this annex is to harmonize as far as practicable all rules and requirements applicable to low voltage switchgear and controlgear having a protective separation between parts intended to be used in SELV (PELV) circuits and others, in order to obtain uniformity of requirements and tests and to avoid the need for testing to different standards.

This annex applies to a device, one or more circuits of which are intended to be used in a safety extra-low voltage (SELV) and protective extra-low voltage (PELV) circuit (the device by itself may not be class III – see 7.5 of IEC 61140:2016).

N.2 Terms and definitions

N.2.1

functional insulation

insulation between conductive parts, necessary for the proper functioning of the equipment

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-41]

N.2.2

basic insulation

insulation of live-parts which provides basic protection

Note 1 to entry: This concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06, modified – “hazardous” deleted.]

N.2.3

supplementary insulation

independent insulation of hazardous-live-parts applied in addition to basic insulation, for fault protection

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-07, modified – “of hazardous-live-parts” added.]

N.2.4

double insulation

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

N.2.5

reinforced insulation

insulation of hazardous live parts which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

Note 1 to entry: Reinforced insulation may comprise several layers which cannot be tested singly as basic insulation or supplementary insulation.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-09]

N.2.6**extra-low voltage****ELV**

voltage not exceeding the maximum value of the prospective touch voltage which is permitted to be maintained indefinitely under specified conditions of external influences

[SOURCE: IEC 61140:2016, 3.26]

N.2.7**SELV circuit**

electrical circuit in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions, and
- under single-fault conditions, including earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: SELV is the abbreviation for safety extra-low voltage.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31, modified – “system” replaced with “circuit”.]

N.2.8**PELV circuit**

electrical circuit in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions, and
- under single-fault conditions, except earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: PELV is the abbreviation for protective extra-low voltage.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-32, modified – “system” replaced by “circuit”.]

N.2.9**protection by limitation of steady-state current and electric charge**

protection against electric shock by electric circuit or equipment design so that under normal and fault conditions the steady-state current and electric charge are limited to below a hazardous level

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-34]

N.2.10**protective impedance device**

component or assembly of components whose impedance and construction are intended to limit steady-state current and electric charge to non-hazardous levels

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-35, modified – “touch” deleted]

N.2.11**normal condition**

condition in which all means of protection are intact

[SOURCE: IEC GUIDE 104:2010, 3.7]

N.2.12**single fault condition**

condition in which there is a fault of a single means of protection

[SOURCE: IEC GUIDE 104:2010, 3.8, modified – “means of protection” replaces “protection (but not a reinforced protection) or of a single component or a device”.]

N.3 Requirements

N.3.1 General

Unless otherwise specified in the relevant product standard:

- the method considered in this document to achieve the protective separation is based on double (or reinforced) insulation between SELV (PELV) circuit(s) and other circuits. If any component is connected between the separated circuits, that component shall comply with the requirements for protective impedance devices according to 5.4.5 of IEC 61140:2016 (see Figure N.1);
- the effects of electrical arcs normally produced in the breaking chambers of switchgears and controlgears on insulation are deemed to be taken into account in the dimensioning of creepage distances and no specific verification is required;
- partial discharge effects are not taken into consideration.

NOTE Double insulation can also be appropriate for parts accessible outside of the enclosure of the equipment, as for example HMI accessories.

N.3.2 Dielectric requirements

N.3.2.1 Creepages

It shall be verified that the creepage distances between SELV (PELV) circuit and other circuits are equal or higher than twice those given for basic insulation in Table 15 and corresponding to the voltage of the circuit having the highest rated voltage value.

NOTE This requirement follows the principles given in IEC 60664-1.

The creepage distances shall be verified in accordance with N.4.2.1.

N.3.2.2 Clearances

The clearances between SELV (PELV) circuit and other circuits of the device shall be dimensioned to withstand the rated impulse voltage as determined in accordance with Annex H relevant to the basic insulation for the specific utilisation class but one step higher in the series value (or a value equal to 160 % of the voltage value required for the basic insulation) following the principles given in 5.1.6 of IEC 60664-1:2007. The test conditions are given in N.4.2.2.

N.3.3 Construction requirements

Construction measures should be taken regarding:

- materials employed regarding aging;
- thermal stresses or mechanical risks of failure which will impair insulation between circuits;
- risks of electrical contact between different circuits in case of accidental disconnection of wiring.

Subclause N.4.3 gives examples of constructional risks which have to be taken into consideration.

N.4 Tests

N.4.1 General

These tests are normally conducted as type tests. Where the constructional design cannot ensure without doubt that the insulation intended for protective separation cannot be impaired by the effects of product conditions, the manufacturer or the relevant product standard may also conduct all or parts of these tests as routine tests.

Tests verification shall be made between the SELV (PELV) circuit and each other circuits, such as main circuit, control and auxiliary circuits.

Tests shall be done in all operating conditions of the device: open, close, trip positions.

N.4.2 Dielectric tests

N.4.2.1 Creepages verification

Conditions of measuring are those given in 9.3.3.4.1 and Annex G.

N.4.2.2 Clearances verification

N.4.2.2.1 Condition of the device for test

Tests shall be made on devices mounted as for service, including internal wiring and in a clean and dry condition.

N.4.2.2.2 Application of the test voltage

For each circuit of the device under test, external terminals shall be connected together.

N.4.2.2.3 Impulse test voltage

It shall be an impulse test voltage having a 1,2/50 μ s wave form as described in 9.3.3.4.1, the value of which being chosen as defined in N.3.2.2.

N.4.2.2.4 Test

Clearances are verified by application of the test voltage of N.4.2.2.3. The test shall be conducted for a minimum of five impulses of each polarity with an interval of at least 1 s between pulses in accordance with in 9.3.3.4.1.

Application of test voltage may be avoided where clearances are equal or higher than those given in Table 13 for the determined test voltage value.

N.4.2.2.5 Results to be obtained

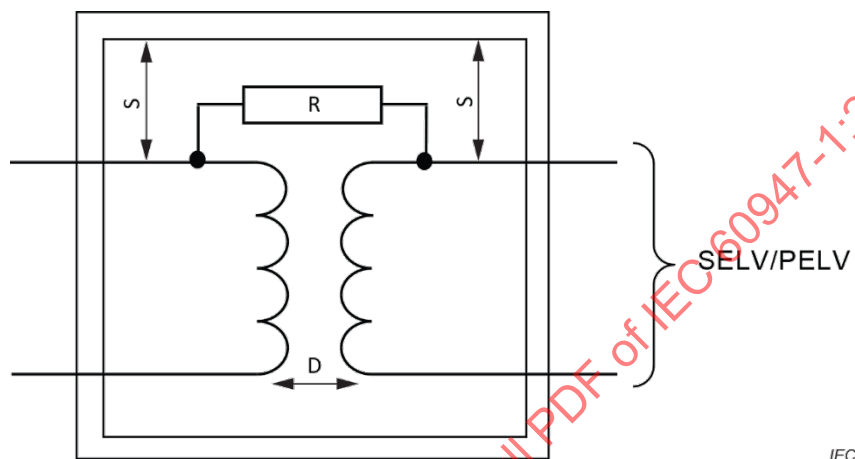
When the voltage is applied, the test is considered to have been passed if there is no puncture or flashover.

N.4.3 Examples of constructional measures

Measures should be taken that a single mechanical fault – e.g. a bent solder pin, a detached soldering point or a broken winding (coil), a loosened and fallen screw – should not have the result of impairing the insulation to such a degree that it no longer fulfils the requirements of the basic insulation; the design, however, need not consider that two or more of these events will appear simultaneously.

Examples of constructional measures:

- sufficient mechanical stability;
- mechanical barriers;
- employment of captive screws;
- impregnation or casting of components;
- inserting pins into an insulating sleeve;
- to avoid sharp-edges in the vicinity of conductors.



IEC

Key

- D Double (or reinforced) insulation between circuits (including SELV/PELV circuit)
- R Component complying with protective impedance devices requirements
- S Basic insulation

Figure N.1 – Example of application with component connected between separated circuits

Annex O (informative)

Environmentally conscious design

O.1 General

Every product has an effect on the environment, which may occur at any or all stages of its life cycle – raw-material acquisition, manufacture, distribution, use, maintenance, re-use and end of life. These effects may range from slight to significant; they may be short-term or long-term; and they may occur at the local, national, regional or global level (or a combination thereof).

The widespread use of electrical and electronic products has drawn increased awareness to their environmental impacts. As a result, legislation, as well as market-driven requirements for environmentally conscious design, is emerging.

The continuous introduction of new products and materials can make evaluation increasingly complex, since additional data shall be gathered to assess the life-cycle impacts of such new products and materials. The gathered data has to be used as a basis for improvement of the products with respect to environmental impacts. Life-Cycle Assessment (LCA) and environmentally conscious design (ECD) principles provide instruments that may be useful in this respect.

The goal of LCA and ECD is the reduction of adverse environmental impacts of a product throughout its entire life cycle. This can involve balancing the environmental aspects of the product with other factors, such as its intended use, performance, cost, safety, marketability, and quality and choosing methods to meet legal and regulatory requirements in an environmentally conscious way. In striving for this goal, multiple benefits can be achieved for the organization, its customers and other stakeholders. The consideration of environmental aspects particularly in the very early stage of the product design process can contribute to cost reduction and to better marketability. Environmentally conscious design is not a separate design activity; rather it is an integral part of the existing design process. The "design" in this context includes the activities associated with the processes of product planning, development and decision making as well as the creation of policies within the organization.

ECD is intended to be used by all those involved in the design and development of electrical and electronic products. This includes all parties in the supply chain regardless of organization type, size, location and complexity. It is applicable for all types of products, new as well as modified. Sector-specific documents may be developed to address needs not covered in this document. The use of this annex as a base reference is encouraged so as to ensure consistency throughout the electrotechnical sector.

This annex provides a set of requirements for the process of environmentally conscious design reflecting the contents of IEC 62430.

O.2 Object

This annex specifies requirements and procedures to integrate environmental aspects into design and development processes of products of IEC 60947 series, including combination of products, and the materials and components of which they are composed (hereafter referred to as products), by the process of environmental conscious design (ECD).

NOTE 1 The existence of this annex does not preclude particular product sectors of the IEC 60947 series from generating their own, more specific, standards or guidelines. Where such documents are produced, this annex or IEC 62430 can be used as the reference in order to ensure consistency throughout the electrotechnical sector.

The term environment, as used in this annex, differs from the term as used in the IEC publications dealing with the impact of environmental conditions on electrotechnical products.

NOTE 2 Regarding the impacts of environmental conditions on the performance of products, reference is made to IEC 60068 series, IEC 60721 series.

O.3 Terms and definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

O.3.1

design and development

activities that take an idea or requirement and transform these into a product

Note 1 to entry: The process of design and development usually follows a series of defined steps starting with an initial idea, transforming that into a formal specification, and resulting in the creation of a working prototype and whatever documentation is required to support production of the goods or provision of the service.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.1]

O.3.2

environment

surroundings in which an organization operates, including air, water, land, natural resources, flora, fauna, humans and their interrelationships

Note 1 to entry: Surroundings can extend from within an organization to the local, regional and global system.

[SOURCE: ISO 14001:2015, 3.2.1, modified – Note 2 to entry has been deleted.]

O.3.3

environmental aspect

element of an organization's activities or products that can interact with the environment

Note 1 to entry: A significant environmental aspect has or can have a significant environmental impact.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.3]

O.3.4

environmental impact

change to the environment, whether adverse or beneficial, wholly or partially resulting from an organization's environmental aspects

[SOURCE: ISO 14001:2015, 3.2.4]

O.3.5

environmental parameter

quantifiable attribute of an environmental aspect

EXAMPLE Environmental parameters include the type and quantity of materials used (mass, volume), power consumption, emissions, rate of recyclability, etc.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.5, modified – In the note, replacement of "weight" by "mass".]

O.3.6

environmentally conscious design

ECD

systematic approach which takes into account environmental aspects in the design and development process with the aim to reduce adverse environmental impacts

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.6]

O.3.7

environmentally conscious design tool

formalized method which facilitates qualitative or quantitative analysis, comparison and/or solution finding during the ECD process

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.7]

O.3.8

life cycle

consecutive and interlinked stages of a product system, from raw material acquisition or generation from natural resources to final disposal

[SOURCE: ISO 14040:2006, 3.1]

O.3.9

life cycle assessment

LCA

compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle

[SOURCE: ISO 14040:2006, 3.2]

O.3.10

life cycle stage

element of a life cycle

Note 1 to entry: The phrase 'life cycle phase' is sometimes used interchangeably with 'life cycle stage'.

Note 2 to entry: Examples of life cycle stages are: raw material acquisition and production; manufacturing; packaging and distribution; installation and use; maintenance and upgrading; and end of life.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.10]

O.3.11

life cycle thinking

LCT

consideration of all relevant environmental aspects during the entire life cycle of products

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.11]

O.3.12

organization

group of people and facilities with an arrangement of responsibilities, authorities and relationships

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.12]

O.3.13

process

set of interrelated or interacting activities which transform inputs into outputs

Note 1 to entry: Inputs to a process are generally outputs of other processes.

Note 2 to entry: Processes in an organization are generally planned and carried out under controlled conditions to add value.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.13]

O.3.14

product

any goods or service

Note 1 to entry: This includes interconnected and / or interrelated goods or services.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.14]

O.3.15

product category

group of technologically or functionally similar products where the environmental aspects can reasonably be expected to be similar or can be derived through a certain ratio over some functional aspect of the products (e.g. product weight or performance range)

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.15, modified – Sentence added after “similar”.]

O.3.16

stakeholder

individual, group or organization that has an interest in an organization or activity

Note 1 to entry: Usually a stakeholder can affect or is affected by the organization or the activity.

[SOURCE: IEC 62430:2009, 3.16]

O.3.17

recycling

reprocessing in a production process of waste materials for the original purpose or for other purposes but excluding energy recovery

[SOURCE: IEC Guide 109:2012, 3.16, modified – “processing” has been replaced by “reprocessing in a production process” and Note 1 to entry has been deleted.]

O.3.18

recyclability

property of a substance or a material and parts/products made thereof that makes it possible for them to be recycled

Note 1 to entry: The recyclability of a product is not only determined by the recyclability of the materials it contains. Product structure and logistics are also very important factors.

O.3.19

end of life

EOL

life cycle stage of a product starting when it is finally removed from its intended use-phase

[SOURCE: IEC 62075:2012, 3.4, modified – addition of “finally”, “use stage” replaced with “intended use-phase”.]

O.3.20

energy recovery

use of combustible waste as a means to generate energy through direct incineration with or without other waste but with recovery of the heat

O.4 General considerations

It should be checked that consideration of the following points always leads to a reduction of the adverse environmental impact of the product throughout its life cycle (see Figure O.1):

- material conservation;
- efficient use of energy and resources;
- reduction of emissions and waste;
- minimum material content of product (including packaging material);
- decreasing the number of different materials;
- substitution or reduction in use of hazardous substances;
- re-use/refurbishing of subassemblies or components;
- possibility of technical upgrading;
- design for maintainability, disassembly and recyclability;
- surface coating or other material combinations enhancing recyclability;
- marking;
- adequate environmental instruction/information for the user.

This leads to the implementation of an adequate process for consideration of the environmental impact of the products. The process should reflect the standardized principle of environmental conscious design based on life cycle thinking.

Clause O.5 describes the fundamental requirements of ECD to be implemented by the organization. Clause O.6 describes the ECD process to be implemented on an operational basis.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

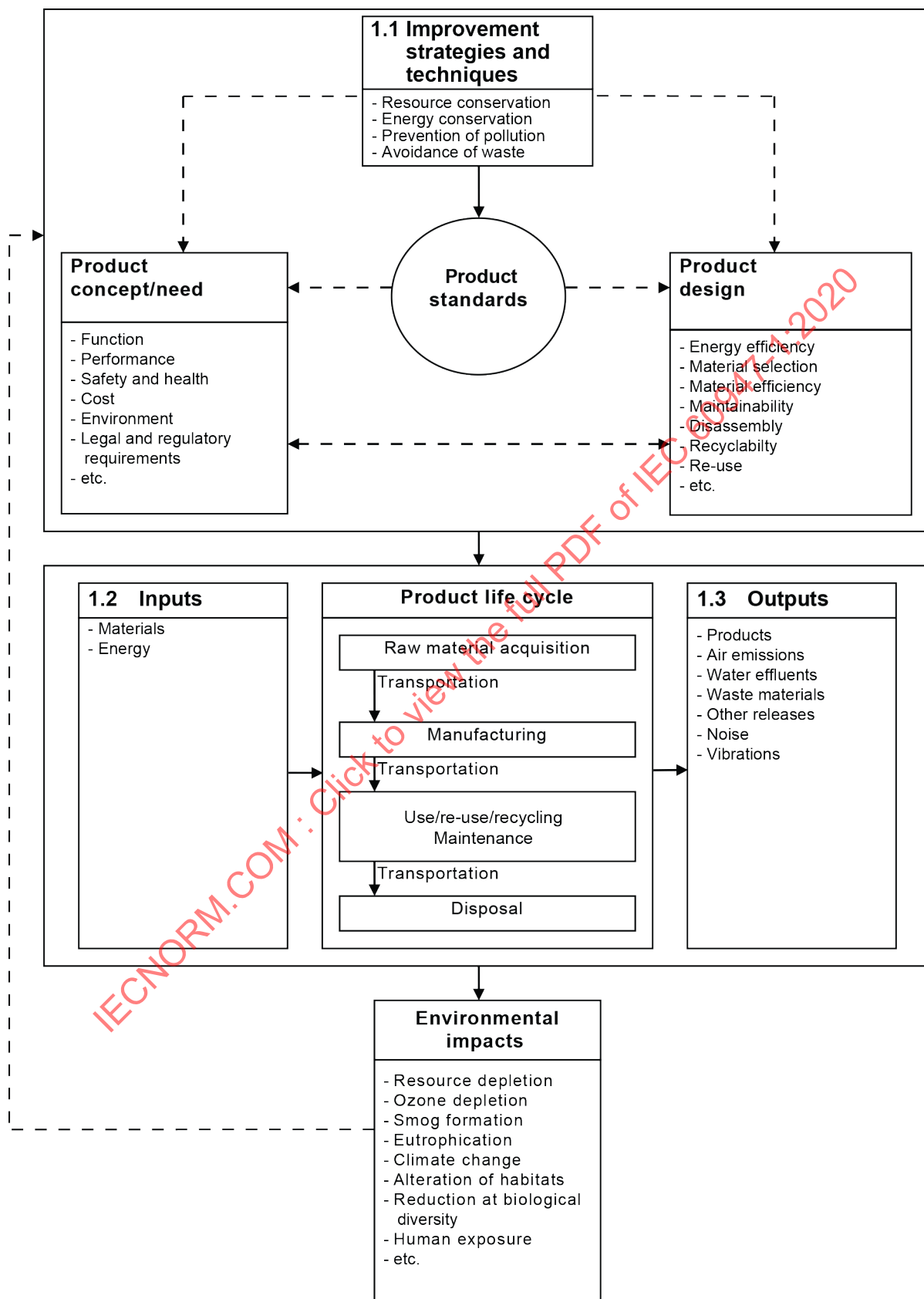


Figure O.1 – Conceptual relationship between provisions in product standards and the environmental impacts associated with the product during its life cycle

O.5 Fundamentals requirements of environmentally conscious design (ECD)

Environmentally conscious design shall be based on the concept of life cycle thinking (LCT), which requires consideration during the design and development process of the significant environmental aspects of a product in all life cycle stages (see Figure O.2).

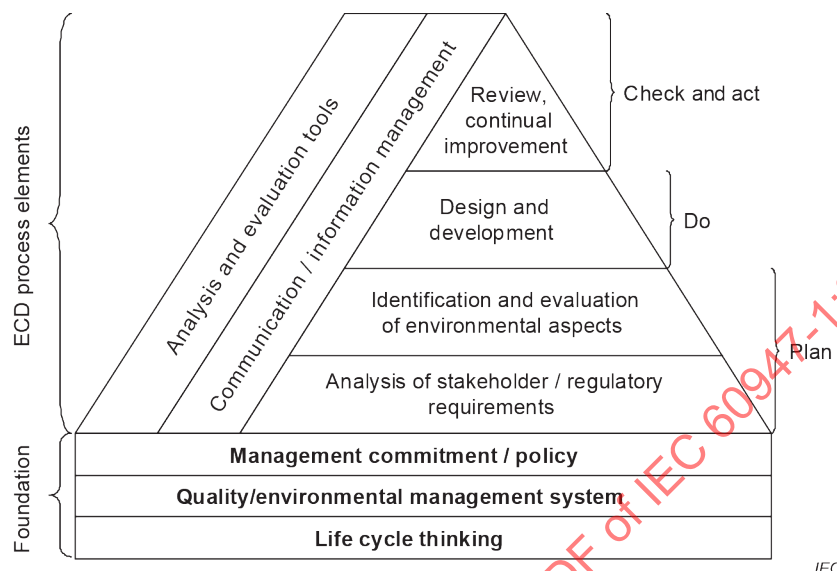


Figure O.2 – Overview of ECD process

Key elements of life cycle thinking are:

- having an objective to minimize the overall adverse environmental impact of the product;
- identifying, qualifying and where feasible, quantifying the significant environmental aspects of the product;
- considering the trade-offs between environmental aspects and life cycle stages.

The above shall be initiated as early as possible in the design and development process, when most opportunities exist to make changes and improvements to the product affecting its overall environmental performance throughout its life cycle.

Environmentally conscious design is performed within the boundaries set by regulatory and stakeholders' requirements. Such requirements shall be regularly reviewed so that relevant changes are understood by the organization undertaking the ECD.

Environmentally conscious design and its objective of minimizing the overall adverse impact of the product shall be reflected in the policies and strategies of the organization. If an organization has a management system which includes the product design and development function, the ECD process shall be an integral part of that documented system.

NOTE 1 As a first step in LCT, the intended function of the product is to be determined. In subsequent design and development stages the influence of any applied business model will be recognized.

NOTE 2 When a product is part of a system, the environmental performance of one product during one or more life cycle stages can be altered by other products in that system.

NOTE 3 ECD benefits from collaboration and contributions of all stakeholders along the supply chain.

NOTE 4 Communication regarding the ECD process and its objectives is performed within an organization so that the affected departments understand the rationale for the initiative, leading to their cooperation and collaboration.

NOTE 5 The detailed description of the fundamental requirements of ECD can be found in IEC 62430.

O.6 Environmentally conscious design process (ECD process)

O.6.1 General

Organizations performing environmentally conscious design (ECD) shall establish, document, implement and maintain an ECD process as an integral part of the product design and development process. This ECD process includes the following steps, which are further described in O.6.2:

- a) analysis of the regulatory and stakeholders' environmental requirements;
- b) identification and evaluation of environmental aspects and corresponding impacts;
- c) design and development;
- d) review and continual improvement.

The organization shall, while following the above steps, document the relevant results and the subsequent conclusions and responsibilities assigned.

NOTE The above process from a) to d) corresponds to PDCA cycle as follows:

- steps a) and b) to Plan,
- step c) to Do, and
- step d) to Check and Act.

O.6.2 Process steps of ECD

As an initial step of ECD, to be carried out in conjunction with the identification of environmental aspects, the organization shall understand the relevant regulatory and stakeholders' requirements, both at horizontal and sector specific level. These requirements set the basic framework within which a product is developed.

The organization shall then establish a procedure to identify environmental aspects and corresponding impacts of the product.

NOTE 1 The identification of environmental aspects can be done for a product category.

The choice of a design solution should achieve a balance between the various environmental aspects and other relevant considerations, such as function, technical requirements, quality, performance, business risks and economic aspects. Where certain attributes are required for compliance with regulations (e.g. health and safety, electromagnetic compatibility) these shall be met while taking into account the environmental targets. These considerations also apply to research and development of new technologies.

A procedure for review and continual improvement of the significant environmental aspects of products throughout the entire life cycle shall be established, implemented and maintained.

As part of the ECD process, organizations in the supply chain shall disclose information of their product or product category to organizations involved in design and development to enable them to achieve ECD objectives.

Information on the environmental impact of the products or product categories should be made available to the stakeholders in adequate, standardized form, e.g. compliant to ISO 14020, ISO 14021, ISO 14024 and ISO 14025 – environmental product declarations.

NOTE 2 The detailed description of the ECD process can be found in IEC 62430.

O.7 Tools for including ECD in product design and development

Identification and assessment of how environmental impacts are influenced by products are complex and need careful consideration; they may also require consultation with experts. Certain tools and techniques are evolving to encourage the inclusion of environmental aspects in product design and development. These can assist in the development of key design items, decision-making, and integration with business and economic factors. Examples of such tools are:

- a) analysis of a product's environmental aspects; for example, LCA (Life Cycle Assessment), ECD checklists and ECD benchmarking based on physical metrics (for example, weight, energy consumption, volume);
- b) determination of a product's environmental strategy: qualitative decision-making tools, for example, Eco-matrices, checklists, Pareto diagrams, SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), spider's-web diagrams and portfolio diagrams;
- c) transfer of environmental aspects into product properties; for example, QFD (Quality Function Deployment) and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) techniques.

When selecting which tools to use, it is helpful to consider the basic product-related concepts for integrating environmental aspects into product design and development.

NOTE Proper tools and tool categories and implementation strategies are described in Annex C of IEC 62430:2009.

O.8 Relevant ISO technical committees

TC 61 Plastics

TC 79 Light metals and their alloys

TC 122 Packaging

TC 146 Air quality

TC 147 Water quality

TC 190 Soil quality

TC 205 Building environment design

TC 207 Environmental management

SC 1 Environmental management systems

SC 2 Environmental auditing and related environmental investigations

SC 3 Environmental labelling

SC 4 Environmental performance evaluation

SC 5 Life cycle assessment

Annex P

(informative)

Terminal lugs for low voltage switchgear and controlgear connected to copper conductors

Table P.1 – Examples of terminal lugs for low voltage switchgear and controlgear connected to copper conductors

Conductor cross-sectional area mm ²		Dimensions (see Figure P.1) mm						Clearance hole for mounting bolt
Flexible	Solid or stranded	L max.	N max.	W max.	W Gauge	Z max.	M min.	H
6	10	22	6	10		12	6	M5
10	16	26	6	10		12	6	M5
16	25	28	6	10		12	6	M5
25	35	33	7	12	12,5	17	7	M6
35	50	38	7	12	12,5	17	7	M6
50	70	41	7	12	12,5	17	7	M6
70	95	48	8,5	16	16,5	20	8,5	M8
95	120	51	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
120	150	60	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
150	185	72	11	25	25,5	25	11	M10
185	240	78	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
240	300	89	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
300	400	105	17	40	40,5	40	17	M16
400	500	110	17	40	40,5	40	17	M16

NOTE Other different dimensions of cables lugs are available.

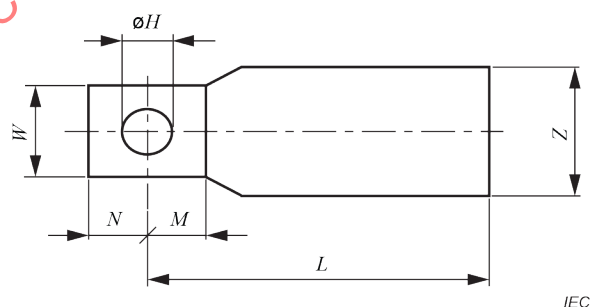


Figure P.1 – Dimensions

Annex Q (normative)

Special tests – Tests for environmental categories

Q.1 General

The purpose of this annex is to define the requirements allowing to assess the ability of switchgear and controlgear to perform its function where intended to be used under certain climatic conditions different from normal service conditions as described in 7.1.

This annex states the test conditions and sequences and the results to be obtained.

The following special tests shall be made either at the discretion of the manufacturer or according to an agreement between manufacturer and user (see 3.8.4). As special tests, these additional tests are not mandatory, and it is not necessary for an equipment to satisfy any of these tests to conform to this document.

Q.2 Classification of equipment

Equipment classification is defined according to six sets of environmental tests, resulting from a combination of different parameter classes (temperature and humidity, vibration, shock, salt mist):

– Temperature and humidity test ranges:

CC1: -5 °C to $+55\text{ °C}$ (first range: dry heat test at $+55\text{ °C}$ / damp heat test at $+40\text{ °C}$ / cold test at -5 °C)

CC2: -25 °C to $+70\text{ °C}$ (second range: dry heat test at $+70\text{ °C}$ / damp heat test at $+55\text{ °C}$ / cold test at -25 °C)

– Vibration and shock levels:

MC1: no vibration

MC2: vibration

MC3: vibration plus shock

– Salt mist:

SC1: no salt mist

SC2: salt mist (test according to IEC 60068-2-52)

The combination of these environmental tests results in the following six categories A, B, C, D, E and F:

- A: controlled environment subject to temperature and humidity (temperature test range -5 °C to $+55\text{ °C}$) = MC1+CC1+SC1

NOTE 1 These environmental conditions can be described as “humid atmosphere”.

- B: environment subject to temperature and humidity (temperature test range -25 °C to $+70\text{ °C}$) = MC1+CC2+SC1

NOTE 2 These environmental conditions can be described as “humid and cold atmosphere”.

- C: environment subject to temperature, humidity and salt mist = MC1+CC2+SC2

NOTE 3 These environmental conditions can be described as “humid and salty atmosphere” or “marinas”.

- D: environment subject to EMC, temperature, humidity and vibration = MC2+CC2+SC1

NOTE 4 These environmental conditions can be described as “humid and cold atmosphere on board ship, with vibrations”.

- E: environment subject to temperature, humidity, vibration and shock = MC3+CC2+SC1

NOTE 5 These environmental conditions can be described as “open deck, humid and cold atmosphere, without salt mist” or “onerous (severe) conditions other than at sea”.

- F: environment subject to EMC, temperature, humidity, vibration, shock and salt mist = MC3+CC2+SC2

NOTE 6 These environmental conditions can be described as “open deck, humid, cold and salty atmosphere” or “onerous (severe), sea conditions”.

Q.3 Tests

Q.3.1 General test conditions

Unless otherwise specified, 9.3.2 applies with the following additions.

These tests demonstrate the ability of the equipment to function as intended under the specified testing conditions. The intended function is defined in the test sequence.

The equipment shall be tested (if applicable) in the open position, this equipment having previously been under a normal atmospheric condition for a minimum time of 24 h. Normal atmospheric condition means:

- temperature: $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$;
- relative humidity: $60\% \pm 30\%$;
- air pressure: $96\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$.

During the tests inside the climatic oven, the cables shall have at least 5 cm length and, in case of equipment with enclosure, at least 5 cm length outside of the enclosure, and the passage through the enclosure shall be made according the manufacturer's instructions.

With the manufacturer's agreement, it is permitted to use cables with a cross-section lower than those given in Table 9, Table 10 and Table 11 and 9.3.3.3.4. For devices with high current rating, where space is limited in the climatic chamber, it is permissible to omit cable connections.

Q.3.2 Test sequences

After selecting the required environment, the relevant tests are to be performed as a test sequence according to Table Q.1. See also footnote f of Table Q.1.

Table Q.1 – Test sequences (1 of 4)

Environments	Controlled environment subject to temperature and humidity	Environment subject to temperature and humidity	Environment subject to temperature, humidity and salt mist	Environment subject to temperature, humidity and vibration	Environment subject to temperature, humidity, vibration and shock	Environment subject to temperature, humidity, vibration, shock and salt mist
Categories	A	B	C	D	E	F
Temperature test range	–5 °C/+55 °C	–25 °C/+70 °C	–25 °C/+70 °C	–25 °C/+70 °C	–25 °C/+70 °C	–25 °C/+70 °C
1 EMC tests	N.A.	N.A.	N.A.	m	N.A.	m
2 Insulation resistance before testing and visual inspection	a	a	a	a	a	a
3 Vibration test	N.A.	N.A.	N.A.	Vibration IEC 60068-2-6 Test Fc ^b	Vibration IEC 60068-2-6 Test Fc ^b	Vibration IEC 60068-2-6 Test Fc ^b
4 Shock test	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	IEC 60068-2-27 Test Ea ^c	IEC 60068-2-27 Test Ea ^c
5 Inclination test^o	N.A.	N.A.	N.A.	IEC 60092-504 ^l	IEC 60092-504 ^l	IEC 60092-504 ^l
6 Dry heat test	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 55 °C ^e	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 70 °C ^e	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 70 °C ^e	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 70 °C ^{e f}	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 70 °C ^{e f}	IEC 60068-2-2 Test Bd 16 h 70 °C ^{e f}
7 Damp heat test	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 40 °C Variant 2 No load	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 55 °C Variant 2 ^g	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 55 °C Variant 2 No load	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 55 °C Variant 2 ^g	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 55 °C Variant 2 ^g	Cyclic IEC 60068-2-30 Test Db 2 cycles 55 °C Variant 2 ^g
8 Recovery	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h
9 Insulation resistance	i	i	i	i	i	i

Table Q.1 (2 of 4)

Environments	Controlled environment subject to temperature and humidity	Environment subject to temperature and humidity	Environment subject to temperature, humidity and salt mist	Environment subject to temperature, humidity and vibration	Environment subject to temperature, humidity, vibration and shock	Environment subject to temperature, humidity, vibration, shock and salt mist
Categories	A	B	C	D	E	F
10 Low temperature test	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -5 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -25 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -25 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -25 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -25 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h	IEC 60068-2-1 Test Ab or Ad, depending whether the product is heat dissipating (>5 K) The test chamber shall be lowered from the initial ambient air temperature to -25 °C; this temperature shall be maintained within ±3 °C for 16 h
11 Recovery	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h	The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions for 24 h ^h
12 Insulation resistance	i	i	i	i	i	i
13 Dielectric test °	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)	IEC 60947-1 9.3.3.4.1, item 3)
14 Salt mist	N.A.	N.A.	IEC 60068-2-52 Test Kb Severity 2 ^j	N.A.	N.A.	IEC 60068-2-52 Test Kb Severity 1 ^j
15 Insulation resistance	N.A.	N.A.	i	i	i	i
16 Verification of operational capability	According to product standard ^d	According to product standard ^d	According to product standard ^d	According to product standard ^d	According to product standard ^d	According to product standard ^d
17 Visual inspection	N.A.	N.A.	k	N.A.	N.A.	k

N.A.: Non applicable.

NOTE 1 The classification used differs from the classification of IEC 60721-3.

NOTE 2 Values indicated in footnotes "a" and "i" differ from IEC 60092-504.

Table Q.1 (3 of 4)

^a Insulation resistance shall be measured between each circuit and between each circuit and earth with testing equipment complying with IEC 61557-2 (certain components, e.g. for transient suppression, may be required to be disconnected for this test).

Maximum of the rated operational voltages	Test voltage direct current	Minimum insulation resistance
≤ 65 V	2 × supply voltage (minimum 24 V)	10 MΩ
> 65 V	500 V	100 MΩ

^b Parameters for the vibration test:

Frequency range	Displacement	Acceleration
2^{+3}_0 Hz to 13,2 Hz	±1 mm	
13,2 Hz to 100 Hz		±0,7 g

- duration in case of no resonance condition: 90 min at 30 Hz;
- duration at each resonance frequency at which Q is ≥ 2 is recorded: 90 min;
- during the vibration test, operational conditions shall be demonstrated;
- tests shall be carried out in three mutually perpendicular planes;
- generally an amplification factor Q ≤ 10 is considered acceptable. Values higher than 10 shall be declared in manufacturer documentation;
- critical frequencies are range of resonance frequencies where the amplification factor is greater than 2 without interruption;
- in case of several resonance frequencies within a range of 0,8 and 1,2 (sweep) of the critical frequencies, the duration of the test shall be 120 min at acceleration of 0,7 g.

Results to be obtained: during the vibration test, an unintended opening and closing of the contacts of more than 3 ms is considered a failure, unless a longer time is stated by the manufacturer in his documentation.

The defined interruption time (bouncing) may cause problems in some applications (e.g. PLC-monitoring with high speed inputs), this characteristic will need to be taken into account in the application.

^c Three positive and negative shocks, applied in each direction along three mutually perpendicular axes:

- pulse shape: half-sine;
- peak acceleration: 150 m/s² (this value should be considered and different values may be defined by the product committee, if applicable);
- duration of the pulse: 11 ms.

After the test, the relevant operating characteristics stated in the product standard have not been changed.

^d The test is intended to check that the equipment ensures some minimal characteristics of operation, and shall be defined by the product standard.

^e The relevant product standard shall define equipment operating during conditioning, testing and functional test. The recovery shall be made in the normal atmospheric conditions during 1 h to 2 h or more according to the product standard. Subclause 4.3 of IEC 60068-1:2013 (standard atmospheric conditions) applies.

^f The tests from 6 to 17 may be carried out on a new sample. All samples shall be submitted to the appropriate final verifications according to rows 15, 16 and 17. The number of samples used shall be stated in the test report.

^g A functional test shall be done during the first 2 h of the first cycle at the test temperature and during the last 2 h of the second cycle at the test temperature.

^h The relevant product standard may state another recovery time.

Table Q.1 (4 of 4)

ⁱ Insulation resistance test shall be done within 1 h after the recovery time. Insulation resistance shall be measured between each circuit and between each circuit and earth with testing equipment complying with IEC 61557-2 (certain components, e.g. for transient suppression, may be required to be disconnected for this test).

Maximum of the rated operational voltages	Test voltage direct current	Minimum insulation resistance
≤ to 65 V	2 × supply voltage (minimum 24 V)	10 MΩ
> 65 V	500 V	100 MΩ

^j After salt mist test – Recovery: Clause 10 of IEC 60068-2-52:1996 applies with the following addition:

After the washing, the device is air-dried either 24 h in free air or 1 h at +55 °C ±2 °C, at the discretion of the manufacturer, then stored in controlled recovery conditions (4.4.2 of IEC 60068-1:2013) for not less than 1 h and not more than 2 h.

For some products, washing may impair the operation. In this case, arrangements shall be given in the product standard.

^k Visual inspection:

The aspect of mechanical parts having a functional or a safety role shall be verified regarding the oxidation: rotating pins, magnets, hinges, locks, etc.

Moreover, a visual inspection of user's removable parts for maintenance purpose shall be made. Markings shall remain legible.

The following limited damages are allowed:

- traces of iron stains on the magnetic circuit;
- occurrence of corrosion dots on screws;
- occurrence of verdigris dots on copper alloys electrical contact supports;
- dots of white corrosion on coated pieces.

The relevant product standard may additionally specify the safety relevant criteria to decide, whether the sample has passed or failed the test.

^l Inclination test:

The inclination tests are not required for equipment of low-voltage switchgear if the manufacturer declares that the installation orientation of the device in the application covers the required angles of the test.

^m EMC:

See EMC specification and test requirements according to subclauses 8.3 and 9.4 of this document with the addition of the following for radiated emission according to IEC 60533:

Test parameters for equipment installed in the bridge and deck zone		Test parameters for equipment installed in the general power distribution zone	
Frequency range MHz	Quasi-peak limits dBμV/m	Frequency range MHz	Quasi-peak limits dBμV/m
0,15 to 0,3	80 to 52	0,15 to 30	80 to 50
0,3 to 30	52 to 34	30 to 100	60 to 54
30 to 2 000	54	100 to 2 000	54
except for 156 to 165	24 or 30 dBμV/m peak	except for 156 to 165	24 or 30 dBμV/m peak

NOTE 1 Procedure in accordance with the document but the distance between equipment and antenna is 3 m.

NOTE 2 EMC tests can be carried out on a new sample.

ⁿ Void.

^o Intermediate verifications may be conducted after this test at the manufacturer's discretion.

Annex R (normative)

Application of the metal foil for dielectric testing on accessible parts during operation or adjustment

R.1 General

Within a lot of countries, there are a number of legal obligations which impact upon electrical equipment with regard to the health and safety of the users and others when at work. A set of criteria are to be observed and the list below contains examples which shall be applied in the case of switchgear and controlgear and their operation:

- a) Remove the danger in the case of switchgear and controlgear where access inside for the operation of certain controls is required. This can be achieved by either making switchgear and controlgear DEAD before access is permitted or ensuring that the degree of protection of the operating surface both external (enclosure or equipment closed) and internal (enclosure or equipment opened) is not less than IPXXB (also complied with by IP2X) according to IEC 60529.

Or, if this is not practicable

- b) Separate the person from the danger by means of screens, barriers or obstacles.

Or, if this is not practicable

- c) Provide personal protective equipment to ensure the health and safety of the person. This is a measure of last resort and is not considered suitable for this document.

The preferred approach is to ensure that switchgear and controlgear has a degree of protection not less than IPXXB at the operating surfaces. Alternatively switchgear and controlgear should be designed and constructed so that the controls are set in a safe location within the equipment where there are no hazardous-live-parts. It should be noted that the Basic Safety Publication (see 8.2.3.3 of IEC 61140:2016) sets a minimum level of the degree of protection of IPXXB (also complied with by IP2X) for equipment from the direction of approach to the device or component, and not less than IPXXA (also complied with by IP1X) of IEC 60529 from other appropriate directions. This corresponds to parts accessible by the operator during operation or adjustment of the equipment (for example, actuator of a push-button).

NOTE There is a difference between the requirements of IEC 60529 and this Annex for the application of the metal foil.

R.2 Object

The purpose of this annex is to clarify where to place the metal foil in order to verify compliance during dielectric tests.

The description given in this annex is not deemed to cover all situations in the field and product standard may specify more precisely the normal operating and installation conditions (e.g. operating handle on the outside of an enclosure while the other part of the device is inside).

The manufacturer may give additional information in which case laboratories should test accordingly (e.g. equipment intended to be installed without an additional enclosure; in such case the parts to be considered for the application of the metal foil are not limited to those accessible during operation or adjustment).

R.3 Definition of zones

R.3.1 General

In order to recognize the existence of accessible parts during operation or adjustment for dielectric tests, three zones are identified for the application of the metal foil:

- a) manual operating or adjustment means,
- b) parts intended to be touched during normal operation or adjustment, but not hand-held,
- c) parts which need not be touched during normal operation or adjustment.

NOTE This is a similar approach to that used for temperature rise limits.

The zones a) and b) from above are covered by the definition of the geometrical zone as described in R.3.2 and the Figure R.2 to Figure R.6.

If necessary, the product standard may give additional information.

R.3.2 Application of metal foil on accessible parts during normal operation or adjustment

Unless otherwise specified in the product standard, only parts intended to be touched during operation or adjustment are considered.

Parts intended to be outside of the enclosure shall be covered by the metal foil (see Figure R.1).

The metallic foil is applied within a geometrical zone as follows (see also Figure R.2 a) and b) to Figure R.8):

- Case 1: within an area defined by a plane extending 30 mm from all edges of an actuator or/and adjustment means and on all surfaces within that area to a depth of 80 mm by applying the probe for the test of finger protection only from the direction of approach to the device or component (see Figure R.2a)),
- Case 2: within an area defined by a plane extending 100 mm from all edges of an actuator or/and adjustment means and on all surfaces within that area to a depth of 25 mm by applying the probe for the test of back of the hand protection (probe IPXXA of IEC 60529) (see Figure R.2b)).

The metal foil is to be formed into holes and grooves where the full diameter of the test finger can enter. Where the test finger cannot penetrate, holes may or may not be covered by the metal foil, at the discretion of the manufacturer (see Figure R.7).

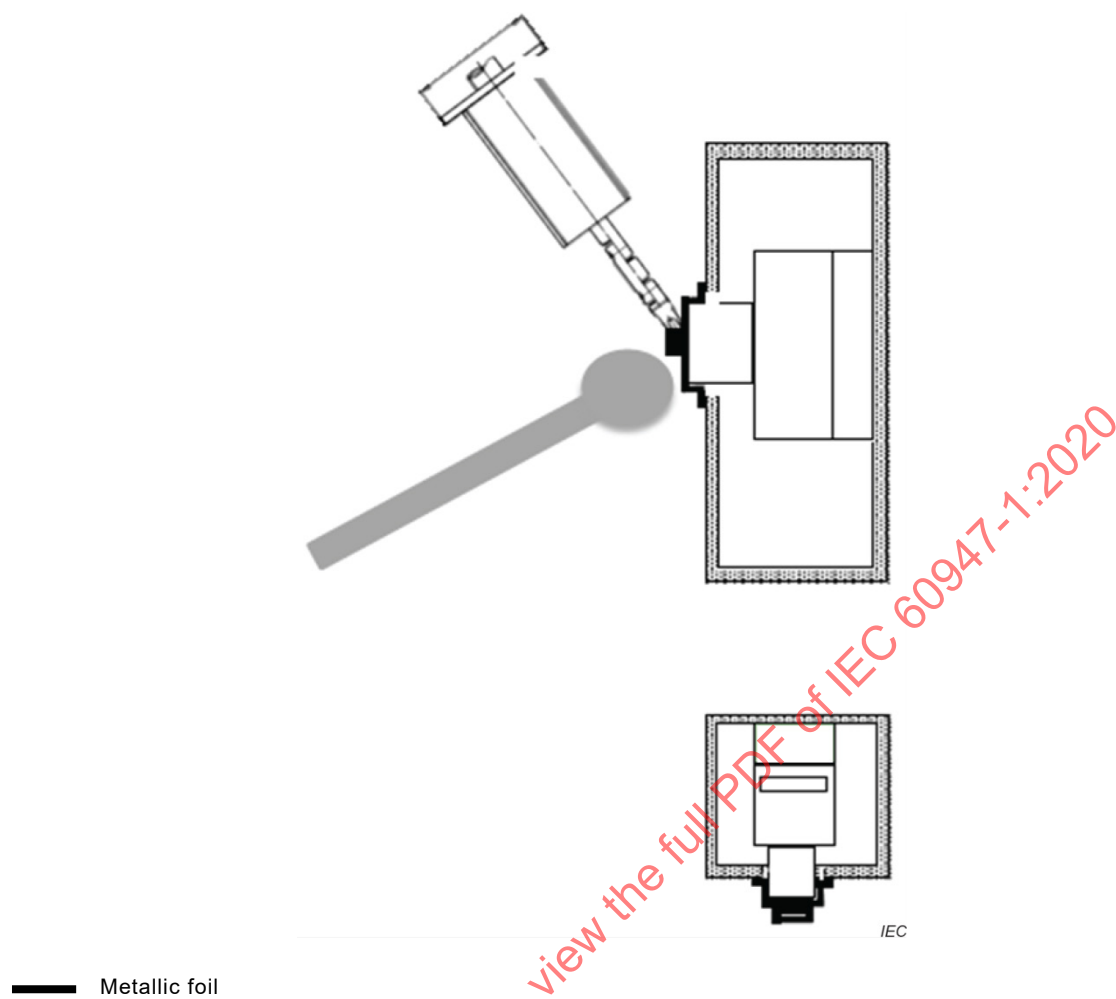
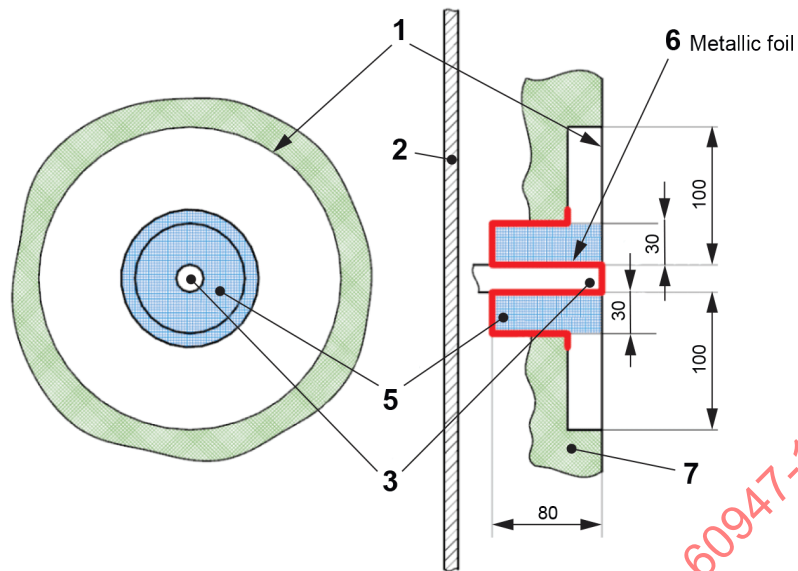


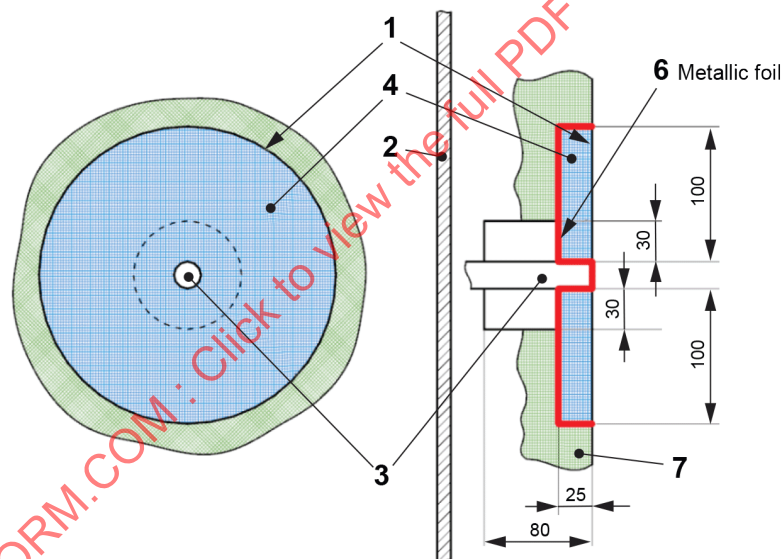
Figure R.1 – Operating mechanism outside the enclosure

Dimensions in millimetres



IEC

Figure R.2a) – Case 1: finger protection



IEC

Figure R.2b) – Case 2: back of the hand protection

NOTE A combination of case 1 and case 2 can be applied depending upon the design.

Key

- 1 base area determined from the surface of the actuator
- 2 mounting plate
- 3 switch actuator
- 4 area to apply the probe for back of the hand protection (blue)
- 5 area to apply the probe for finger protection only from the direction of approach to the device or component (blue)
- 6 metallic foil (red)
- 7 front-plate

Figure R.2 – Application of the metallic foil to operating areas around switch actuator

Dimensions in millimetres

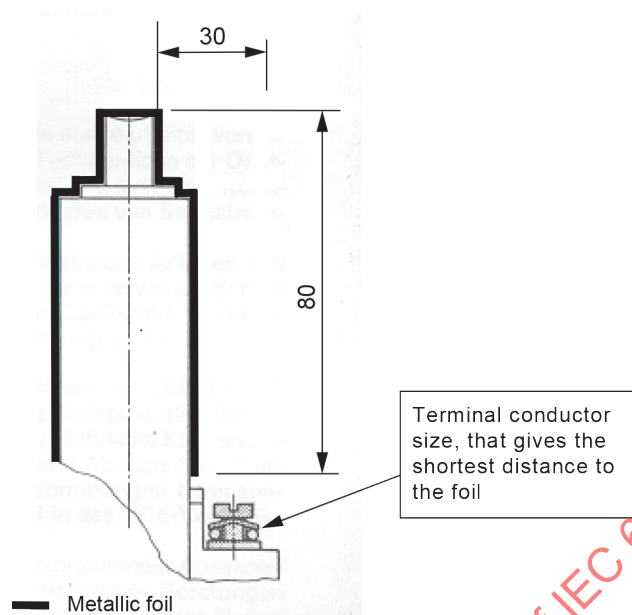


Figure R.3 – Example of finger protected location for hazardous-live-parts in push-button vicinity

Dimensions in millimetres

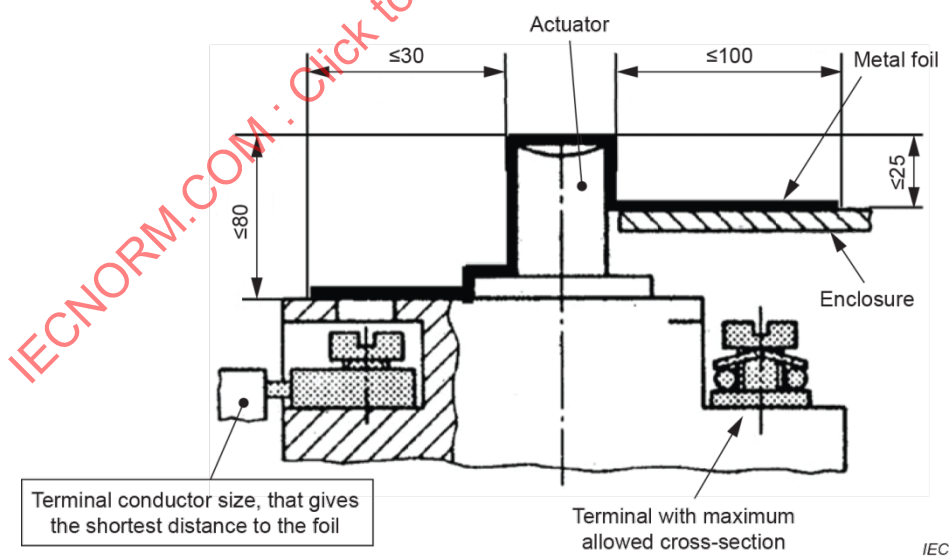


Figure R.4 – Example I of application of the foil

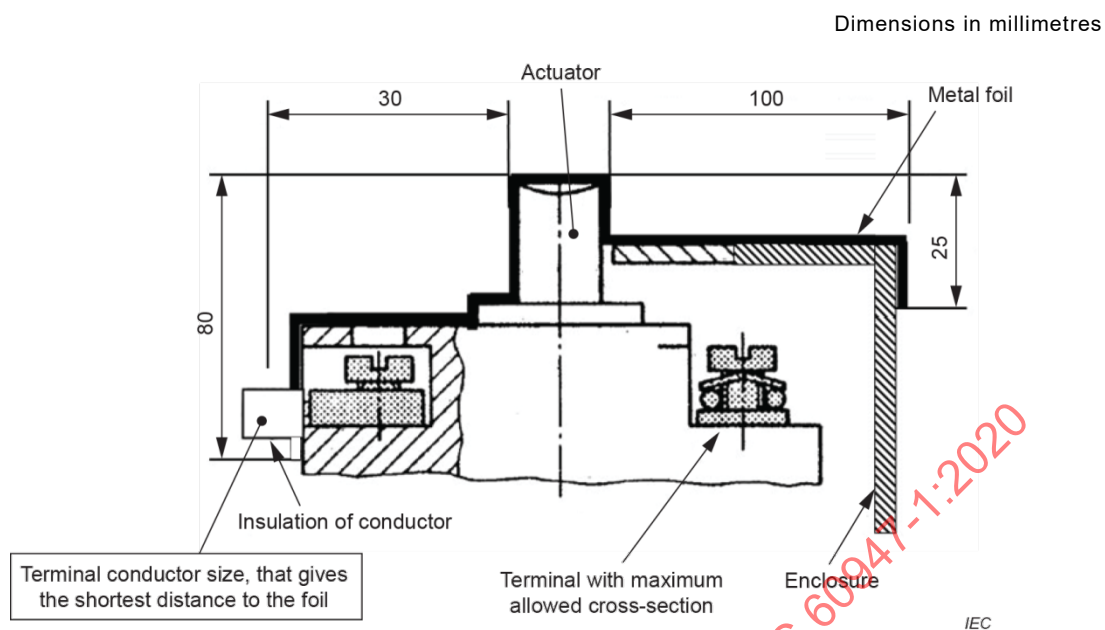


Figure R.5 – Example II of application of the foil

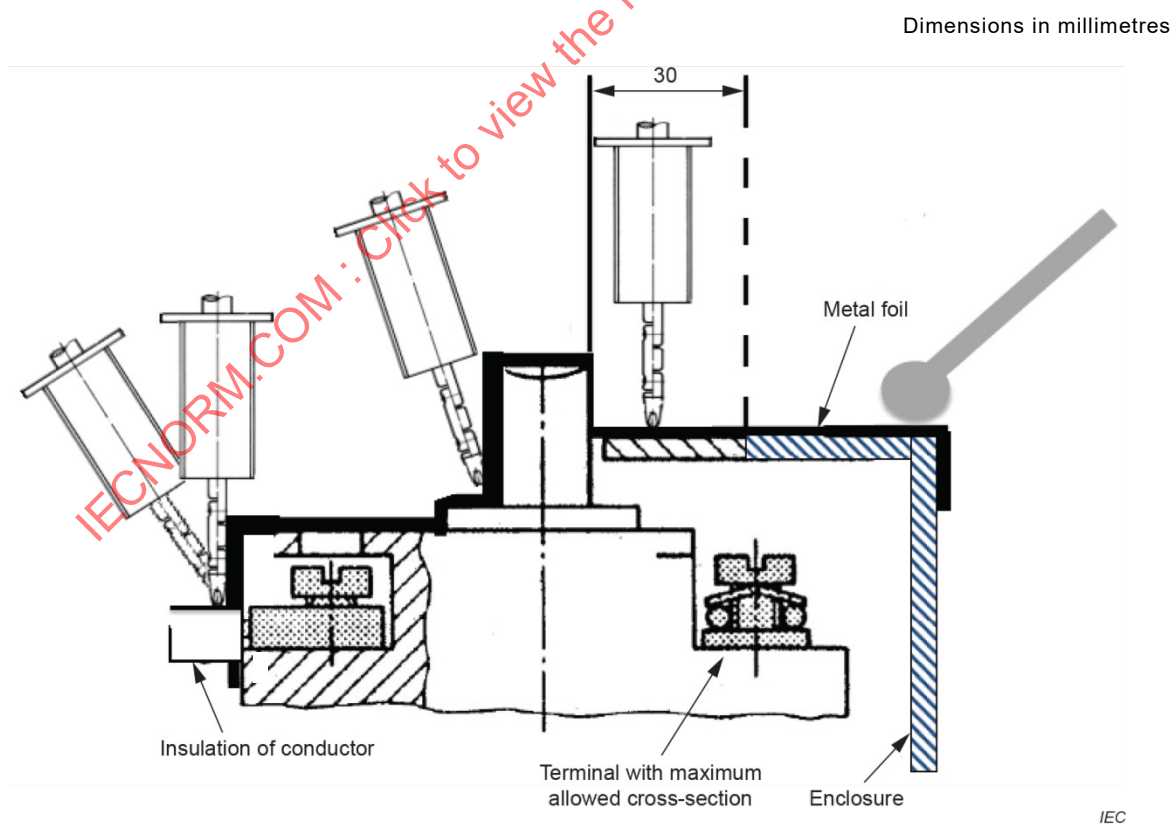
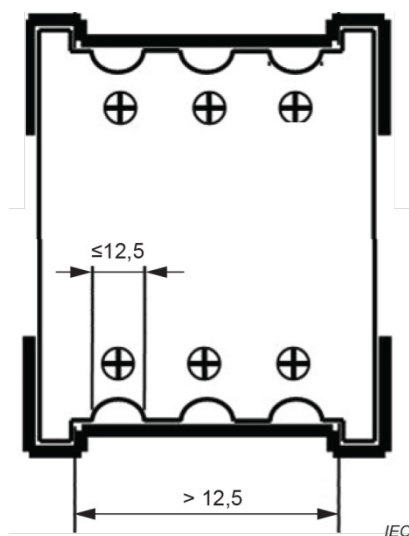


Figure R.6 – Example III of application of the foil

Dimensions in millimetres

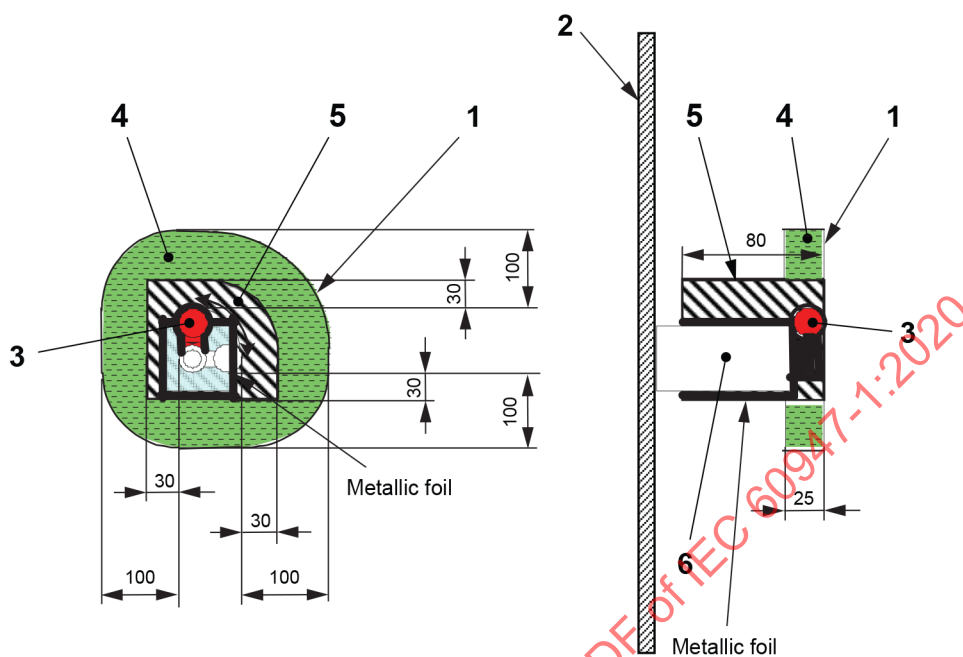


The metal foil is adapted to holes and grooves larger than 12,5 mm.

NOTE The dimension is according to the probe of IPXXB of IEC 60529.

Figure R.7 – Application of metal foil on holes and grooves

Dimensions in millimetres



Key

- 1 base area
- 2 mounting plate
- 3 toggle
- 4 area to apply the probe for back of the hand protection (green)
- 5 area to apply the probe for finger protection only from the direction of approach to the device or component (stroked)
- 6 switch socket
- Metallic foil

Figure R.8 – Operating space for actuation by rotary means

Annex S (normative)

Digital inputs and outputs

S.1 General

This annex is intended to cover digital inputs and/or digital outputs contained in switchgear and controlgear, and intended to be compatible with programmable controllers (PLCs). It is based on relevant clauses of IEC 61131-2.

S.2 Terms and definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

S.2.1

digital input

device which converts an essentially two-state signal to a single-bit binary number

Note 1 to entry: Digital inputs can be of type 1, 2 or 3.

Note 2 to entry: Type 1 is designed for sensing signals from mechanical contact switching devices, such as relay contacts, push-buttons, switches, etc., and may not be suitable for use with solid-state devices such as sensors, proximity switches, etc., when types 2 and 3 are designed for sensing signals from solid-state switching devices.

Note 3 to entry: Type 2 supports techniques that are outdated and not recommended for new designs. The relevant technical characteristics are described in Annex D of IEC 61131-2:2017.

Note 4 to entry: Type 3 digital inputs offer lower power characteristics than type 2 digital inputs, and could also be used for type 1 applications. Generally, this allows much higher input channel densities per module or product. Type 3 differs from type 2 in that it is compatible with those IEC 60947-5-2 devices that offer low current in the off state. See Table S.2 for details of operating ranges. Proximity switch compatibility is such that a high percentage of proximity switches having type 2 compatibility will also have type 3 compatibility.

[SOURCE: IEC 61131-2:2017, 3.1.8, modified – Notes to entry have been added.]

S.2.2

digital output

device which converts a single-bit binary number to a 2-state signal

S.2.3

current sinking

property of receiving current

S.2.4

current sourcing

property of supplying current

S.3 Functional requirements

S.3.1 Rated values and operating ranges

Externally powered I/O modules shall be as shown in Table S.1.

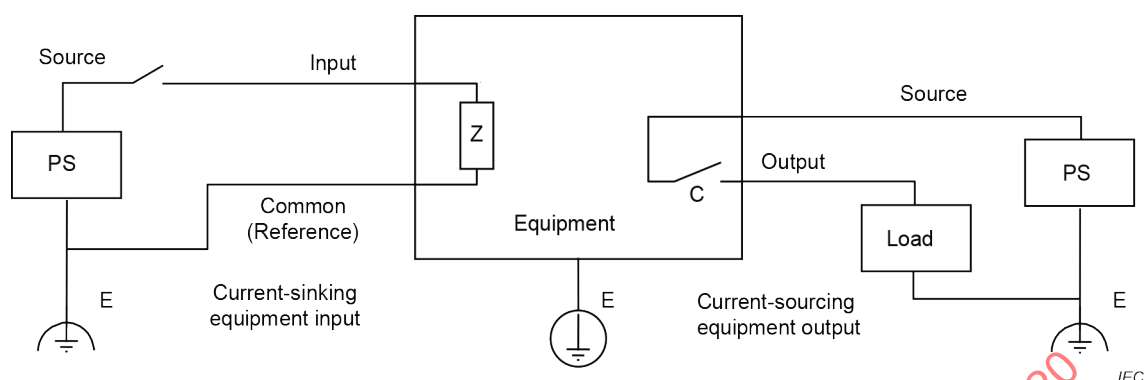
Table S.1 – Rated values and operating ranges of incoming power supply

Voltage		Frequency		Recommended use (R)		Normative items and note ^c
Rated U_e	Tolerance min./max.	Rated f_n	Tolerance min./max.	Power supply	I/O signals	
DC 24 V	–15 %/+20 %			R	R	a, b
DC 48 V				R	R	a
DC 125 V				–	–	–
AC 24 V RMS	–15 %/+10 %	50 Hz or 60 Hz	–6 %/+4 %	–	–	(see Note)
AC 48 V RMS				–	–	(see Note)
AC 100 V RMS				R	R	–
AC 110 V RMS				R	R	–
AC 120 V RMS				R	R	(see Note)
AC 200 V RMS				R	R	–
AC 230 V RMS				R	R	(see Note)
AC 240 V RMS				R	R	–
AC 400 V RMS				R	–	(see Note) ^d
NOTE The rated voltages are derived from IEC 60038.						
^a In addition to the voltage tolerances, a total AC component having a peak value of 5 % of the rated voltage is allowed. The absolute limits are DC 30/19,2 V for DC 24 V and DC 60/38,4 V for DC 48 V.						
^b See footnote ^e of Table S.2 if Type 2 digital inputs are likely to be used.						
^c For incoming voltages other than those given in the table such as DC 110 V etc., the tolerances given in the table and footnote ^a apply. These voltage tolerances shall be used to calculate the input limits of Table S.2, using the equations given in S.6.						
^d Three-phase supply.						

S.3.2 Digital I/Os

S.3.2.1 General

Figure S.1 gives an illustration of definitions of some I/O parameters.

**Key**

C output

Mechanical or static contact (for example dry relay contact, triac, transistor or equivalent).

E earthings

the earths shown are optional.

earthing is dependent on national regulations and/or application needs.

Z input

input impedance

PS external power supplies

NOTE Some applications can use only one PS common to inputs, outputs and equipment.

Figure S.1 – I/O parameters

Digital I/Os shall comply with the following requirements.

Digital inputs shall comply with the requirements of the standard voltage ratings given in S.3.2.2.

Digital outputs shall comply with the requirements of the standard ratings given in S.3.2.3.2 for alternating current or S.3.2.4.2 for direct current.

It shall be possible to interconnect inputs and outputs by means of a correct selection of other I/Os, resulting in proper operation (additional external load shall be specified by the manufacturer if necessary).

The circuit shall comply with the clearance and creepage distance requirements and the dielectric test corresponding to the voltage between phases.

NOTE Current-sourcing inputs and current-sinking outputs required for certain applications are not covered in this annex. Special care needs to be exercised in their use (where positive logic, current-sinking inputs and current-sourcing outputs are used, any short-circuit to the reference potential and wire-breakage are interpreted by the inputs and loads as the "off state"; on the other hand, for current-sourcing inputs and current-sinking outputs, earth faults are interpreted as the "on state") (see Figure S.1).

S.3.2.2 Digital inputs (current sinking)

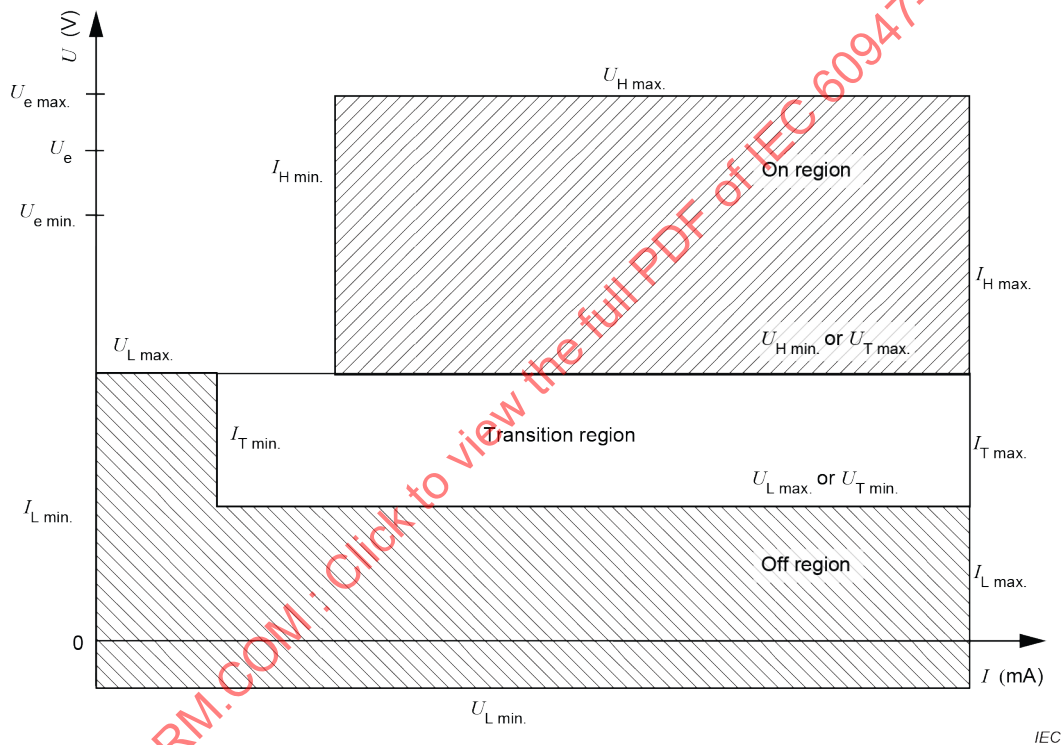
S.3.2.2.1 General

Requirements of this subclause are verified in accordance with S.4.2.

S.3.2.2.2 Terminology (U/I operation regions)

Figure S.2 represents graphically the limits and operating ranges which are used herein to characterize current sinking digital input circuits.

The operating region consists of “on region”, “transition region” and “off region”. It is necessary to exceed both U_T min. and I_T min. to leave the “off region”, and to exceed both I_H min. and U_H min. to enter the “on region”: all input U - I curves shall remain within these boundary conditions. The region below zero volts is a valid part of the “off region” for DC inputs only.



NOTE

- U_{Hmax} and U_{Hmin} are the voltage limits for the on conditions (state 1)
- I_{Hmax} and I_{Hmin} are the current limits for the on conditions (state 1)
- U_{Tmax} and U_{Tmin} are the voltage limits for the transition state (on or off)
- I_{Tmax} and I_{Tmin} are the current limits for the transition state (on or off)
- U_{Lmax} and U_{Lmin} are the voltage limits for the off conditions (state 0)
- I_{Lmax} and I_{Lmin} are the current limits for the off conditions (state 0)
- U_{Lmax} equals U_{Hmin} to I_{Tmin} and equals U_{Tmin} above I_{Tmin}
- U_e , $U_{e max}$ and $U_{e min}$ are the rated voltage and its limits for the external power supply voltage

Figure S.2 – U - I operation regions of current-sinking inputs

S.3.2.2.3 Standard operating ranges for digital inputs (current sinking)

Current-sinking digital inputs shall operate within the limits presented in Table S.2.

Table S.2 – Standard operating ranges for digital inputs (current sinking)

Rated voltage U_e	Rated frequency f_n (Hz)	Type of limit	Input style												Normative items
			Type 1 limits						Type 3 limits (see Note)						
			State 0		Transition		State 1		State 0		Transition		State 1		
			U_L V	I_L mA	U_T V	I_T mA	U_H V	I_H mA	U_L V	I_L mA	U_T V	I_T mA	U_H V	I_H mA	
DC 24 V		Max.	15/5	15	15	15	30	15	11/5	15	11	15	30	15	a, b, d, e
		Min.	−3	ND	5	0,5	15	2	−3	ND	5	1,5	11	2	
DC 48 V		Max.	34/10	15	34	15	60	15	30/10	15	30	15	60	15	a, b, d
		Min.	−6	ND	10	0,5	34	2	−6	ND	10	1,5	30	2	
AC 24 V RMS	50/60	Max.	14/5	15	14	15	27	15	10/5	15	10	15	27	15	a, c
		Min.	0	0	5	1	14	2	0	0	5	2	10	5	
AC 48 V RMS	50/60	Max.	34/10	15	34	15	53	15	30/10	15	30	15	53	15	a, c
		Min.	0	0	10	1	34	2	0	0	10	2	30	5	
AC 100 V RMS	50/60	Max.	79/20	15	79	15	1,1 U_e	15	74/20	15	74	15	1,1 U_e	15	a, c, d, e
AC 110 V RMS		Min.	0	0	20	1	79	2	0	0	20	2,5	74	5	
AC 120 V RMS															
AC 200 V RMS	50/60	Max.	164/40	15	164	15	1,1 U_e	15	159/40	15	159	15	1,1 U_e	15	a, c, d, e
AC 230 V RMS		Min.	0	0	40	2	164	3	0	0	40	2,5	159	5	
AC 240 V RMS															

NOTE Compatibility with 2-wire proximity switches according to IEC 60947-5-2 is possible with Type 3.

^a All logic signals are in positive logic. Open inputs shall be interpreted as state 0 signal. See S.6 for equations and assumptions used in developing values in this table and for additional comments.

^b The given voltage limits include all alternating voltages components.

^c Static switches may affect the total RMS content of true harmonics of the input signals and therefore affect the compatibility of the input interface with proximity switches. See 6.2.1 of IEC 61131-2:2017 for requirements.

^d Recommended for common usage and future designs.

^e As allowed by current technology, and to encourage the design of single input modules compatible with all commonly used rated voltages, limits are absolute and independent of rated voltage (except U_H max) and based on equations given in S.6 and respectively AC 100 V RMS and AC 200 V RMS.

ND = Not defined

S.3.2.2.4 Additional requirements

Each input channel shall be provided with a lamp or equivalent means to indicate the state 1 condition when the indicator is energized.

S.3.2.3 Digital outputs for alternating currents (current sourcing)**S.3.2.3.1 General**

Requirements of this subclause are verified in accordance with S.4.3.

Digital AC outputs shall comply with the ratings given in Table S.3, at the output voltage(s) stated by the manufacturer according to S.3.1.

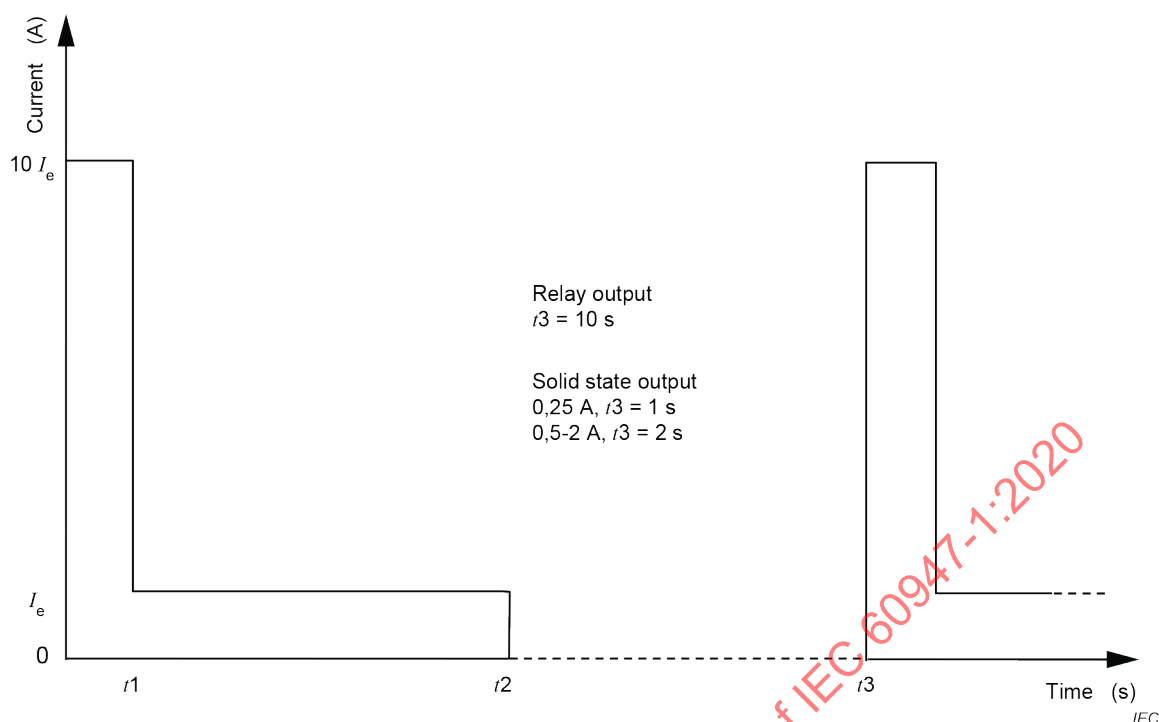
Table S.3 – Rated values and operating ranges for current sourcing digital AC outputs

Rated current (state 1)	I_e A	AC output style				Normative items
		Type 0,25	Type 0,5	Type 1	Type 2	
		0,25	0,5	1	2	
Current range for state 1 (continuous at max. voltage)	Min. (mA) Max. (A)	10 [5] 0,28	20 0,55	100 1,1	100 2,2	a, b a
Voltage drop, U_d for state 1	U_d	–	–	–	–	–
– Non protected output	Max. (V)	3	3	3	3	a
– Protected and short-circuit proof	Max. (V)	5	5	5	5	a
Leakage current for state 0		–	–	–	–	–
– Solid-state outputs	Max. (mA)	5 [3]	10	10	10	a, b, c
– Electromechanical outputs	Max. (mA)	2,5	2,5	2,5	2,5	a, c
Repetition rate for temporary overload (see Figure S.3)	Operating cycle time (s)	–	–	–	–	
– Solid-state outputs	Max.	1	2	2	2	
– Relay-based outputs	Max.	10	10	10	10	

a RMS currents and voltages.

b Figures in square brackets apply to a module not equipped with RC network or equivalent surge suppressers. All other values apply to modules with suppression.

c Leakage current for solid-state outputs greater than 3 mA imply the use of additional external loads to drive type 2 digital inputs.

**Key**

- t_1 2 cycles at f_n (f_n = rated line frequency)
 t_2 ON time
 $t_3 - t_2$ OFF time (OFF time = ON time)
 t_3 Operation time

Figure S.3 – Temporary overload waveform for digital AC outputs**S.3.2.3.3 Additional requirements****S.3.2.3.3.1 Output indicators**

Each output channel shall be provided with a lamp or equivalent means to indicate the output state 1 condition when the indicator is energized.

S.3.2.3.3.2 Protected outputs

For outputs stated by the manufacturer to be protected

- the output shall either withstand and/or the associated protective device shall operate to protect the output for all steady-state values of output current greater than 1,1 times the rated value;
- after resetting or replacement of the protective device alone, as applicable, the equipment shall return to normal operation;
- optional restart capabilities can be selected among the three following types:
 - automated restart protected output: a protected output which automatically recovers after the overload is removed;
 - controlled restart protected output: a protected output which is reset through signals (for example, for remote control);
 - manual restart protected output: a protected output which implies a human action to recover (the protection may be fuses, electronic interlocks, etc.).

Requirements of this subclause are verified in accordance with S.4.3.2 using Table S.5.

NOTE 1 Operation under overload condition for an extended period of time can affect the operating life of the module.

NOTE 2 The protected outputs will not necessarily protect the field wiring.

S.3.2.3.3.3 Short-circuit-proof outputs

For outputs stated by the manufacturer to be short-circuit-proof:

- for all output currents greater than $I_{e\max}$ and up to 2 times the rated value I_e , the output shall operate and withstand temporary overload(s). Such temporary overload(s) shall be specified by the manufacturer.
- for all output currents prospectively above 20 times the rated value, the protective device shall operate. After resetting or replacement of the protective device alone, the equipment shall return to normal operation.
- for output currents in the range of 2 times to 20 times I_e , or for temporary overload(s) beyond the limits specified by the manufacturer (item 1 above), the module may require repair or replacement.

Requirements of this subclause are verified in accordance with S.4.3.2 using Table S.5.

S.3.2.3.3.4 Non-protected outputs

For outputs stated by the manufacturer to be externally-protected, the manufacturer shall recommend an external protection device. The outputs shall meet all the requirements stated for the short-circuit-proof outputs (S.3.2.3.3.3), when the external protection device is installed.

S.3.2.3.3.5 Electromechanical relay outputs

Electromechanical relay outputs shall be capable of performing at least 0,3 million operations with the load specified for AC-15 utilization category (durability class 0.3) according to IEC 60947-5-1.

The type test is not required if the relay components have been shown to comply with the requirements of IEC 60947-5-1.

S.3.2.4 Digital outputs for direct current (current sourcing)

S.3.2.4.1 General

Requirements of this subclause are verified in accordance with S.4.3.

S.3.2.4.2 Rated values and operating ranges (direct current)

Digital outputs shall comply with the ratings given in the following Table S.4, at the output voltage(s) stated by the manufacturer according to S.3.1.

**Table S.4 – Rated values and operating ranges (direct current)
for current-sourcing digital DC outputs**

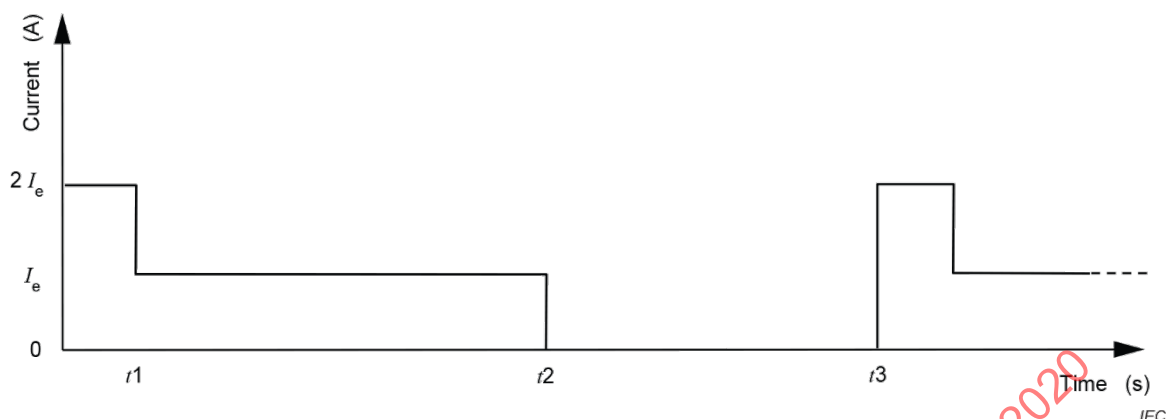
Rated current for state 1		I_e (A)	DC output style					Normative items
			Type 0,1	Type 0,25	Type 0,5	Type 1	Type 2	
			0,1	0,25	0,5	1	2	
Current range for state 1 at maximum voltage (continuous)		Max. (A)	0,12	0,3	0,6	1,2	2,4	
Voltage drop, U_d	Non-protected output	Max. (V)	3	3	3	3	3	
	Protected and short-circuit- proof	Max. (V)	3	3	3	3	3	a
Leakage current for state 0		Max. (mA)	0,1	0,5	0,5	1	1	b, c
Temporary overload		Max. (A)	See Figure S.4 or as specified by manufacturer					

a For 1 A and 2 A rated currents, if reverse polarity protection is provided, a 5 V drop is allowed. This makes the output incompatible with a Type 1 input of the same voltage rating.

b The resulting compatibility between DC outputs and DC inputs, without additional external load, is as follows:

	Output type 0,1	Output type 0,25	Output type 0,5	Output type 1	Output type 2
Input Type 1:	yes	yes	yes	no	no
Input Type 3:	yes	yes	yes	yes	yes

c With adequate external load, all DC outputs may become compatible with all Type 1 and Type 3 DC inputs.

**Key**

t_1 = surge time = 10 ms

t_2 = ON time

$t_3 - t_2$ = OFF time (OFF time=ON time)

t_3 = operation time = 1 s

Figure S.4 – Temporary overload waveform for digital DC outputs

S.3.2.4.3 Additional requirements

Other requirements are the same as for current sourcing outputs for alternating current as defined in S.3.2.3.3, except for:

- protected outputs: the limit is $1,2 I_e$ instead of $1,1 I_e$,
- electromechanical relay outputs: AC-15 is replaced by DC-13.

S.4 Verification of input/output requirements

S.4.1 General

Test procedures are not defined in detail hereinafter. Detailed procedures shall be agreed upon by the user and the manufacturer and shall be such that the conditions defined in S.4.4 shall not be impaired.

Though test procedures are not defined in detail, all tests which are referenced shall be performed.

Unless otherwise specified in this subclause, all tests shall be carried out twice on the same I/O channel(s):

- first test: at minimum service temperature;
- second test: at maximum service temperature.

It is not required to test more than one digital input of each type.

S.4.2 Verification of digital inputs

S.4.2.1 Operating range test

Verify that all requirements are met.

Test procedures: To be agreed upon by the user and manufacturer.

S.4.2.2 Reversal of signal polarity test (withstand test)

Test procedure: A signal of reverse polarity for digital inputs shall be applied for 10 s.

Verification:

The equipment shall comply with the requirements specified in S.4.4.

S.4.3 Verification of digital outputs

S.4.3.1 Operating range test

Verify that all requirements are met.

Test procedures:

Current range: To be agreed upon by the user and manufacturer.

Voltage drop: To be agreed upon by the user and manufacturer.

Leakage current: Devices/circuits intended for output protection shall not be removed.

Temporary overload: According to IEC 60947-5-1 (AC-15 or DC-13, as applicable). For short-circuit proof outputs, the current values shall be respectively $2 I_e$ to $20 I_e$ (as given in S.3.2.3.3.3).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

S.4.3.2 Test of protected, not-protected, and short-circuit proof outputs

Table S.5 – Overload and short-circuit tests for digital outputs

Reference test	None				
EUT configuration	According to manufacturer's specifications				
Details of mounting/support	According to manufacturer's specifications				
Loading	It is sufficient to check one I/O channel of each type under test				
Initial measurements	See S.4.4				
Description of the tests	A	B	C	D	E
Prospective currents ($k \times I_e$)	1,2/1,3 ^a	1,5	2	5	21
Duration of test (min)	5	5	5	5	5
Order of trials	–	–	–	–	–
First series (at T_{min})	1	2	3	4	5
Second series (at T_{max})	6	7	8	9	10
Time intervals between tests	10 min ≤ time intervals ≤ 60 min				
Application of the test protected outputs	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Short-circuit proof outputs	No	No	Yes ^b	No	Yes ^d
Not-protected outputs ^c	No	No	Yes ^b	No	Yes ^d
Measurement and verification	See requirements in S.3.2.3.3 and S.3.2.4.3				
During the overload	See S.4.4				
Immediately after overload	See S.4.4				
After overload and proper resetting	See S.4.4				

^a 1,2 for AC outputs, 1,3 for DC outputs.

^b For currents in the range of 2 times to 20 times I_e , the module may require repair or replacement.

^c Protective device(s) to be provided or specified by the manufacturer shall be installed.

^d Protective device(s) shall operate. They shall be reset or replaced as applicable for the following test.

S.4.3.3 Reversal of signal polarity test (withstand test)

If the equipment is designed to prevent reversal of signal polarity, the withstand test may be not carried out and replaced by proper visual inspection.

Test procedure: A signal of reverse polarity for digital DC outputs shall be applied for 10 s.

Verification: The equipment shall comply with the requirements specified in S.4.4.

S.4.4 Behaviour of the equipment

The verification of general requirements for digital I/Os under S.3.2 shall be met.

The behaviour of the digital I/Os shall be as expected regarding the functional conditions of the equipment. If appropriate, the product standard may specify additional requirements.

The verification of the EMC requirements shall be performed according to 9.4. Concerning immunity, the values of Table 23 apply.

S.5 General information to be provided by the manufacturer

S.5.1 Information on digital inputs (current sinking)

The manufacturer shall provide the following information:

- volt-ampere curve over the full operating range, with tolerances or equivalent;
- digital input delay time for 0 to 1 and 1 to 0 transitions;
- existence of common points between channels;
- effect of incorrect input terminal connection;
- isolation potentials between channel and other circuits (including ground) and between channels under normal operation;
- type of input (Type 1 or Type 3);
- monitoring point and binary state of visual indicator;
- effects when withdrawing/inserting input module under power;
- additional external load when interconnecting inputs and outputs, if needed;
- explanation of signal evaluation (for example, static/dynamic evaluation, interrupt release, etc.);
- recommended cable and cord lengths depending on cable type and electromagnetic compatibility;
- terminal arrangements;
- typical example(s) of external connections.

S.5.2 Information on digital outputs for alternating currents (current sourcing)

The manufacturer shall provide the following information with respect to digital outputs for AC operation:

- type of output (output type 0,25, output type 0,5, output type 1 or output type 2);
- type of protection (i.e. protected, short-circuit-proof, non-protected output);
- for protected outputs: operating characteristics beyond $1,1 I_e$ including the current level(s) at which the protecting device energizes, the current behaviour beyond, and the time(s) involved;
- for short-circuit-proof outputs: information for replacement or resetting the protective device as required;
- for non-protected outputs: specification for protective device to be provided by the user, as required;
- output delay time for state 0 to state 1 and state 1 to state 0 transitions;
- commutation characteristics and turn-on voltage with respect to zero-voltage crossing;
- existence of common points between channels;
- terminal arrangements;
- typical example(s) of external connections;
- number and type of outputs (for example, NO/NC contacts, solid state, individually isolated channels, etc.);
- for electromechanical relays, the rated current and voltage complying with S.3.2.3.3.5;
- output ratings for the other loads such as incandescent lamps;
- characteristics of suppresser networks incorporated into the output circuit against voltage peaks due to inductive kickback;
- type of external protective networks, if required;
- effects of incorrect output terminal connection;

- isolation potentials between channel and other circuits (including ground) and between channels under normal operation;
- monitoring points of visual indicators in the channel (for example, MPU side/load side);
- recommended procedures for changing output modules;
- way of operation (i.e. latching/non-latching type);
- effects of multiple overloads on isolated multi-channel modules.

S.5.3 Information on digital outputs for direct current (current sourcing)

Information to be provided by the manufacturer for digital outputs for direct current shall be the same as for digital outputs for alternating current, as defined in S.5.2. However, the specification of commutation for zero-voltage crossing does not apply, and with regard to electromechanical relay outputs, AC-15 is replaced by DC-13 in S.3.2.3.3.5.

Five types of output (output type 0,1, output type 0,25, output type 0,5, output type 1 or output type 2) are also available.

S.6 Digital input standard operating range equations

The following equations were used to generate Table S.2 (with some exceptions explained in the notes).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

DC equations	AC equations	
$U_{H \max} = 1,25 U_e$	$U_{H \max} \approx 1,1 U_e$	
$U_{H \min} \approx 0,8 U_e - U_d - 1 \text{ V}$	$U_{H \min} \approx 0,85 U_e - U_d - 1 \text{ V}$	(see Notes 1, 2)
$U_{T \max} = U_{H \min}$	$U_{T \max} = U_{H \min}$	
$U_{L \max} = U_{H \min}$ for $I \leq I_{T \min}$	$U_{L \max} = U_{H \min}$ for $I \leq I_{T \min}$	
$U_{T \min} \approx 0,2 U_e$	$U_{T \min} \approx 0,2 U_e$	(see Note 1)
$U_{L \max} = U_{T \min}$ for $I > I_{T \min}$	$U_{L \max} = U_{T \min}$ for $I > I_{T \min}$	
$U_{L \min} = -3 \text{ V}$ (DC 24 V)	$U_{L \min} = 0$	
$U_{L \min} = -6 \text{ V}$ (DC 48 V)		
$I_{L \min} = \text{ND}$ (Not defined)	$I_{L \min} = 0$	

Type 1 inputs:	Type 1 inputs:	
$I_{H \max} = I_{T \max} = I_{L \max} = 15 \text{ mA}$	$I_{H \max} = I_{T \max} = I_{L \max} = 15 \text{ mA}$	
$I_{H \min} \approx I_{T \min} + 1 \text{ mA}$	$I_{H \min} \approx I_{T \min} + 1 \text{ mA}$ ($U_e \leq 120 \text{ V RMS}$) or $I_{H \min} \approx I_{T \min} + 2 \text{ mA}$ ($U_e > 120 \text{ V RMS}$)	
$I_{T \min} \approx U_{H \max} / Z$	$I_{T \min} \approx U_{H \max} / Z$	(see Note 5)
$U_d = 3 \text{ V}$ (Table S.4)	$U_d = 5 \text{ V}$ (Table S.3)	(see Note 3)

Type 3 inputs:	Type 3 inputs:	
$I_{H \max} = I_{T \max} = I_{L \max} = 15 \text{ mA}$	$I_{H \max} = I_{T \max} = I_{L \max} = 15 \text{ mA}$	
$U_{H \max} / Z \leq I_{H \min} \leq I_m = 5 \text{ mA}$	$I_{H \min} \approx I_m = 5 \text{ mA}$	
$I_{T \min} \approx I_r = 1,5 \text{ mA}$	$I_{T \min} \approx I_r = 3 \text{ mA}$	(see Note 4)
$U_d = 8 \text{ V DC}$	$U_d = 10 \text{ V AC RMS}$	(see Note 4)

NOTE 1 For all AC 100/110/120 V RMS and all AC 200/220/230/240 V RMS inputs, U_e has been respectively selected as AC 100 V RMS and AC 200 V RMS, in order to allow compatibility with various supply voltages.

NOTE 2 1 V drop (alternating current or direct current) is assumed for the connecting leads.

NOTE 3 Maximum values of voltage drops, U_d , of digital outputs for direct current and alternating current.

NOTE 4 These values of I_r , U_d and I_m correspond to those adopted in IEC 60947-5-2.

NOTE 5 Z = Empirical worst-case relay contact, open-contact impedance = 100 kΩ.

Annex T (normative)

Extended functions within electronic overload relays

T.1 Object

T.1.1 General

This annex is intended to cover extended functions included in electronic overload relays not directly related to the overload protection. Extended functions may also ensure some control functions. Control functions are under consideration.

NOTE Electronic relay with extended functions are also called in the field by other designation such as: "motor management system", "motor protector"...

This annex applies only to electronic relays intended for use in AC circuits.

T.1.2 Ground/earth fault detection function

Devices reacting to ground/earth fault currents are used as protective systems. Such devices are frequently used in conjunction with or as an integral part of electronic overload relays to detect ground/earth fault current in equipment in order to provide additional protection against fire and other hazards which may develop as a result of an ground/earth fault of a lasting nature which cannot be detected by the overcurrent protective function. The behaviour due to the presence of a DC component is not considered.

NOTE This ground/earth fault detection protection is not intended to provide protection against electric shock.

T.2 Terms and definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

T.2.1

electronic overload relay with ground/earth fault detection function

multipole electronic relay which operates when the vectorial sum of the currents flowing in the main circuit has increased above a predetermined value in accordance with specified requirements

T.2.2

electronic overload relay with current or voltage asymmetry function

electronic overload relay which operates in the case of current or voltage magnitude unbalance in accordance with specified requirements

T.2.3

electronic overload relay with phase reversal function

multipole electronic overload relay which operates in the case of improper phase sequence at the line side of the equipment in accordance with specified requirements

T.2.4

electronic overload relay with over voltage function

electronic overload relay which operates in the case of overload and when the voltage has increased above a predetermined value in accordance with specified requirements

T.2.5 inhibit current

I_{ic}

fault current above which a switching device is not initiated to open by the electronic overload relay

T.2.6 electronic overload relay with under power function

electronic overload relay which operates in response to a power magnitude below a predetermined value in accordance with specified requirements

T.3 Classification of electronic overload relays

Electronic overload relays with extended functions are classified as follows:

- a) current and voltage asymmetry relay or release;
- b) over-voltage relay or release;
- c) ground/earth fault sensing relay or release;
- d) phase reversal relay or release.

T.4 Types of relays with ground/earth fault detection function

Types CI-A and CI-B: a Type CI electronic overload relay will initiate opening of the switching device at all levels of fault current.

Types CII-A and CII-B: a Type CII electronic overload relay will not initiate opening of the switching device above a current setting level I_{ic} (inhibit current).

NOTE 1 Types CII(-A or -B) relays are typically used in conjunction with switching devices having a breaking capacity lower than the maximum expected fault current. The current setting I_{ic} (inhibit current) is adjusted according to the maximum breaking capacity of the switching device.

NOTE 2 Types (CI or CII)-A differentiate to types (CI or CII)-B according to their operating characteristics (see Table T.1).

T.5 Performance requirements

T.5.1 Limits of operation of ground/earth fault electronic overload relays

A ground/earth fault overload relay, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device according to the requirements given in Table T.1. For relays or releases with a ground/earth fault current setting range, the limit of operation of the relay shall be verified at the lowest and highest settings.

Table T.1 – Tripping time of ground/earth fault electronic overload relays

Type	Multiples of ground/earth fault current setting	Tripping time T_p ms
CI-A and CII-A	$\leq 0,9$	No trip
	1,1	$10 < T_p \leq 1\,000^a$
CI-B and CII-B	$\leq 0,75$	No trip
	1,25	$10 < T_p \leq 5\,000^a$
^a For Type CII-A and CII-B, test to be done with test current $< I_{ic}$ (inhibit current); see T.6.1.		

T.5.2 Limits of operation of ground/earth fault current sensing electronic relays Type CII(-A and -B)

Subclause T.5.1 applies with the following addition.

A ground/earth fault current sensing electronic relay CII, when associated with a switching device, shall not initiate operation of the switching device, in the presence of a ground/earth fault current, when the fault current in any phase reaches or exceeds 95 % the current setting I_{ic} (see T.4) and shall operate to open the equipment when the fault current in any phase is 75 % or less of I_{ic} .

T.5.3 Limits of operation of voltage asymmetry relays

A voltage asymmetry relay, when associated with a switching device, shall operate to open the switching device within 120 % of the time setting and shall operate to prevent the closing of the switching device when the voltage asymmetry is above 1,2 times the voltage asymmetry setting.

T.5.4 Limits of operation of phase reversal relays

A phase reversal relay, when associated with a switching device, shall permit the closing of the equipment when the voltage sequence of phases on the line side of the starter is the same as the voltage sequence setting. After interchanging two phases, the phase reversal relay shall prevent the completion of the closing operation of the switching device.

T.5.5 Limits of operation of current imbalance relays

A current imbalance relay, when associated with a switching device, shall operate to open the equipment within 80 % to 120 % of the time setting where the current imbalance, defined as the ratio (T.1) between the maximum current deviation of any phase from average current and the average current I_{avg} (T.2), is above 1,2 times the current imbalance setting, the general tripping requirements of overload relays given in the product standard being maintained.

$$\text{Ratio} = \frac{\max_{i=1}^n |I_i - I_{avg}|}{I_{avg}} \quad (\text{T.1})$$

$$I_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (\text{T.2})$$

where

n is the number of phases;

I_i is the RMS value of the current in each phase.

T.5.6 Limits of operation of over-voltage relays and releases

a) Operating voltage

An over-voltage relay or release, when associated with a switching device, shall operate to open the equipment and shall operate to prevent the closing of the equipment when the supply voltage is above the set value, if any, or above 110 % of the rated voltage of the relay or release for a defined duration.

b) Operating time

For a time-delay over-voltage relay or release, the time-lag shall be measured from the instant when the voltage reaches the operating value until the instant when the relay or release actuates the tripping device of the equipment.

T.6 Tests

T.6.1 Limits of operation of ground/earth fault current sensing electronic relays Types CI and CII (-A and -B)

The limits of operation shall be in accordance with T.5.1 and verified as follows.

For overload relays with an adjustable ground/earth fault current setting, the test shall be made at the minimum and at the maximum current settings. The test circuit shall be in accordance with Figure T.1 with or without load. The test shall be made at any convenient voltage and power factor.

The test circuit being calibrated at each of the values of the ground/earth fault operating current specified in the Table T.1, as applicable, and the switch S1 being in the closed position, the test current is suddenly established by closing switch S2.

For ground fault current sensing electronic relay type CII, the inhibit current shall be set to a value at least 30 % higher than the maximum ground/earth fault current setting.

T.6.2 Verification of inhibit function of ground/earth fault current sensing electronic relays Type CII (-A and -B)

For overload relays with an adjustable ground/earth fault current setting, the test shall be made at the lowest setting.

For overload relays with an adjustable inhibit current setting I_{ic} , the test shall be made at the minimum and at the maximum I_{ic} settings.

When the minimum ground/earth fault current setting is higher or equal to the minimum inhibit current setting, the inhibit current setting may be set to a slightly higher value.

The impedance Z is adjusted so as to let a current flow in the circuit equal to:

- a) 95 % the inhibit current I_{ic}

The switch S1 being in the closed position, the test current is established by closing switch S2.

The overload relay shall not initiate the opening of the switching device.

- b) 75 % the inhibit current I_{ic}

The switch S1 being in the closed position, the test current is established by closing switch S2.

The overload relay shall initiate the opening of the switching device.

Each phase has to be tested separately.

T.6.3 Current asymmetry relays

The limits of operation shall be verified in accordance with T.5.5.

T.6.4 Voltage asymmetry relays

The limits of operation shall be verified in accordance with T.5.3.

T.6.5 Phase reversal relays

The limits of operation shall be verified in accordance with T.5.4.

T.6.6 Over-voltage relays

The limits of operation shall be verified in accordance with T.5.6.

T.7 Routine and sampling tests

Electronic overload relays with extended functions shall be, in addition to tests of 8.1.3 or 8.1.4, submitted to additional tests to verify the proper operation of their relevant additional functions, according to T.5.

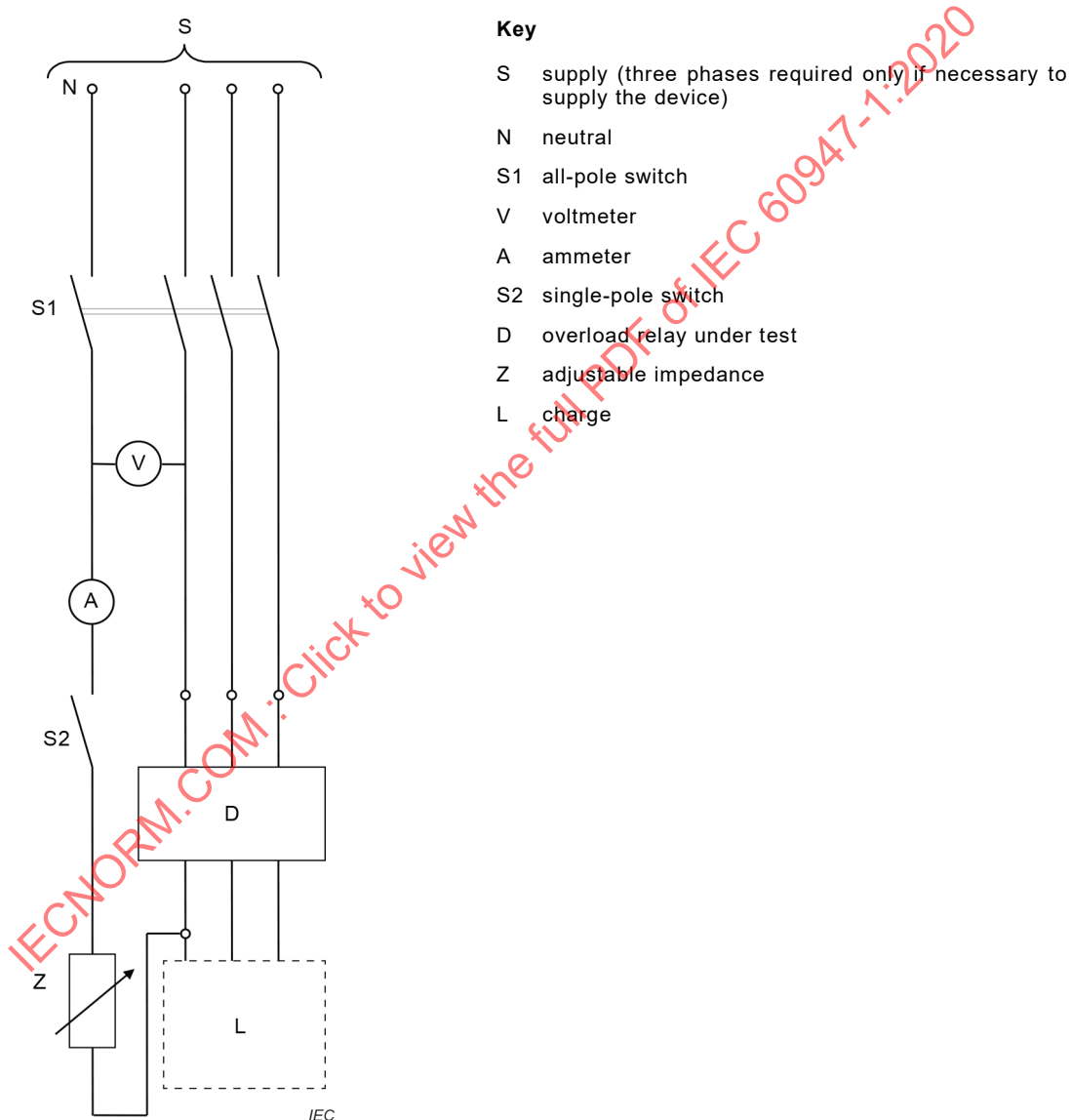


Figure T.1 – Test circuit for the verification of the operating characteristic of a ground/earth fault current sensing electronic relay

Annex U

(informative)

Examples of control circuit configurations

U.1 External control device

U.1.1 Definition

U.1.1.1

external control device

ECD

external element which serves to effect the control of the equipment

U.1.2 Diagrammatic representation of an external control device

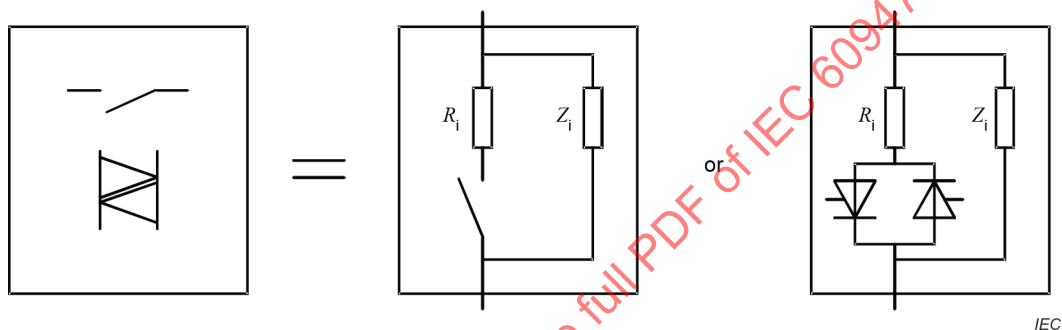


Figure U.1 – Diagrammatic representation of an external control device

U.1.3 Parameters of an external control device

- R_i : internal resistance;
- Z_i : internal leakage impedance.

NOTE In the case where external control device is a mechanical push button, R_i is often neglected and Z_i is often taken as infinity (∞).

U.2 Control circuit configurations

U.2.1 Equipment with external control supply

U.2.1.1 Single supply and control input

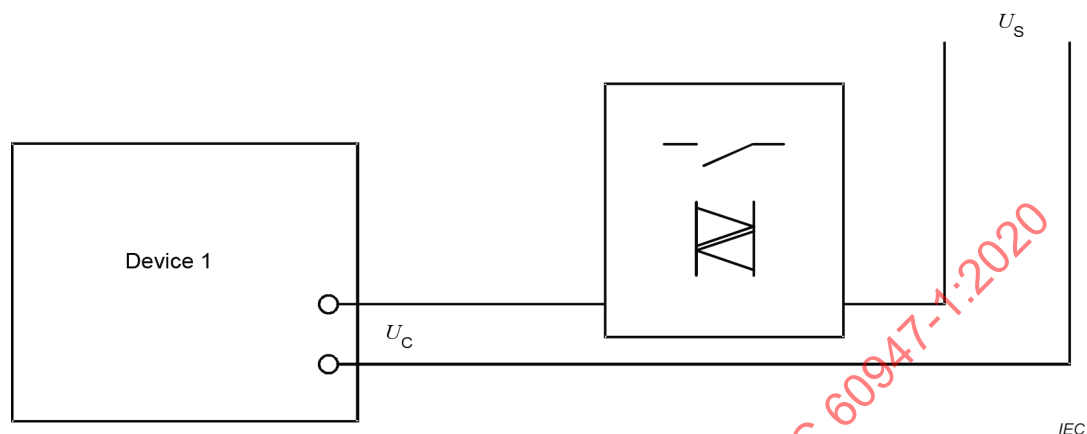
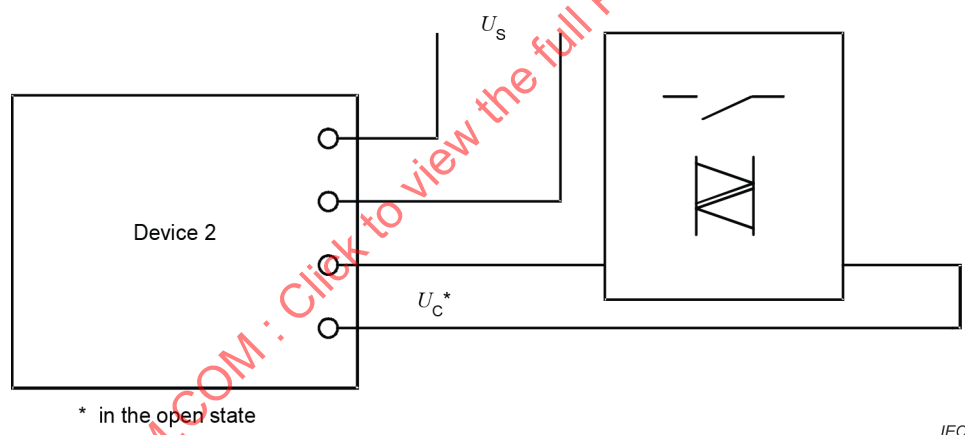


Figure U.2 – Single supply and control input

U.2.1.2 Separate supply and control inputs



* in the open state

Figure U.3 – Separate supply and control inputs

U.2.2 Equipment with several external control supplies

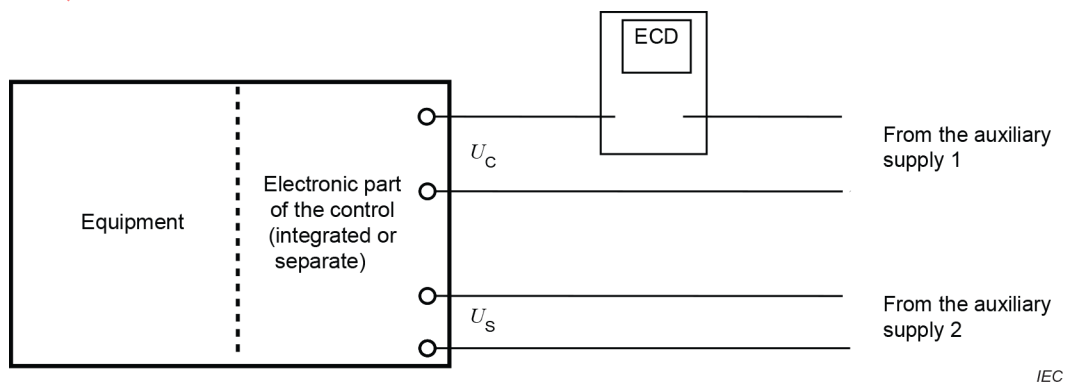


Figure U.4 – Equipment with several external control supplies

U.2.3 Equipment with bus interface
(may be combined with other circuit configurations)

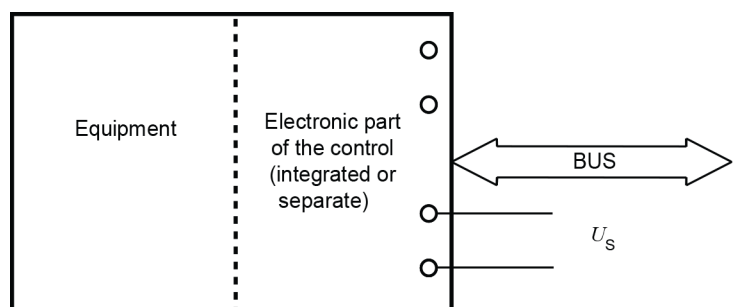


Figure U.5 – Equipment with bus interface

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annex V (informative)

Power management with switchgear and controlgear for electrical energy efficiency

V.1 General

The energy efficiency of an application can be improved not only by using more efficient devices and loads, but also by improving the management of energy. The management of energy is performed through measurement, monitoring and control of the energy consuming loads aiming at consuming the just enough energy required for the application. Switchgear and controlgear are part of the energy management system which can be implemented also by using their communication capability.

V.2 Object

This annex provides guidance for using switchgear and controlgear for controlling the loads in a way providing saving of energy. The principle developed in this annex is based on power management.

V.3 Terms and definitions

V.3.1

energy management

coordinated activities directing and controlling the energy use of an entity

V.3.2

energy management system

EnMS

management system to establish an energy policy, objectives, energy targets, action plans and process(es) to achieve the objectives and energy targets

[SOURCE: ISO 50001:2018, 3.2.2, modified – All cross-references to definitions of ISO 50001 deleted.]

V.3.3

electrical energy efficiency

various measures adopted within the electrical system or application in order to optimize the total electrical energy consumption needed during either the normal operation or the stand-by operation

V.3.4

energy efficiency

ratio or other quantitative relationship between an output of performance, service, goods or energy, and an input of energy

[SOURCE: ISO 50001:2018, 3.5.3, modified – “commodities”, Example, Note 1 to entry and cross-references to definitions of ISO 50001 have been deleted.]

V.3.5

load

current-using equipment

electric equipment intended to convert electric energy into another form of energy, for example light, heat, mechanical energy

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-16-02, modified – “load” has been introduced.]

V.3.6

peak shaving

process in an electrical system intended to not exceed a maximum overall energy demand

Note 1 to entry: Peak shaving can be obtained by planning of energy needs within the manufacturing system or load shedding or autonomous energy production.

V.3.7

load shedding

process of deliberately disconnecting preselected loads from a power system in response to an abnormal condition in order to maintain the integrity of the remainder of the system

[SOURCE: IEC 60050-603:1986, 603-04-32]

V.4 Electrical energy efficiency and safety

Safety of persons and of property remains of prime importance compared to energy efficiency statements. Consequently, all guidance to achieve energy efficiency will not impair the safety requirements included in relevant standards.

V.5 Principles on electrical energy efficiency (system approach)

V.5.1 General

The electrical energy optimization needs a global approach of the management of the electrical energy consumption, including consideration of all operation modes.

V.5.2 Strategy of energy management

Energy efficiency should firstly be applied to loads and their usage. Motors account for 70 % of the electricity consumed by the industry (figure from the European Community Commission Regulation N° 640/2009). The electrical distribution architecture (generation and transmission) should also be considered, as well as power supplies and wiring systems.

V.5.3 Power management with automation and control

Power management through automation is the key for energy efficiency. Automation design of the past decades is being revisited in this perspective to integrate new modes that are now relevant due to the increasing importance of energy savings (availability and cost).

Status information, measurements from sensors, commands from the operator and information from the environment are necessary inputs to the energy management system (EnMS). The automation function of the energy management system shall ensure that the energy is consumed at the right moment, for the right purpose and in the right quantity. It may be very simple to complex (contactor relays, simple control loop, extended functions of circuit-breakers or of motor management systems, programmable logical controllers, etc). Contactors and starters are essential for managing power by switching remotely individual loads or groups of loads without adding significant power losses.

It applies in all sectors including manufacturing, process control, industrial facility management, building automation.

EXAMPLE 1 In building automation, it is a common idea that the management system optimizes the usage of energy taking into account the occupancy schedule, the outside conditions (temperature, light) and the real presence of persons. From the idea to the effective realization, it might be a gap due for example to the difficult modelling of the thermal response of the building, to inaccurate detection of individuals, to not interoperable communication interfaces.

EXAMPLE 2 In discrete manufacturing industry, saving the useless consumption of the stand-by energy of the loads is an important field of improvement. It consists in switching off totally or partially the loads during short, long or unscheduled breaks. The challenge is to ensure a restart in the time constraints for the production facility.

V.6 Energy efficiency application

V.6.1 Saving of semiconductor losses

Contactors may also be used with semiconductor control devices like semiconductor contactors or starters. The bypassing of power semiconductor components by a contactor (e.g. for contactors or starters covered by IEC 60947-4-2) when at full speed will avoid losses in the semiconductor circuits. This limits the higher energy losses of a semiconductor contactor or starter to the starting and stopping time.

NOTE Typically, the energy saving is 90 % of the semiconductor losses.

Moreover, the addition of a contactor in series with a semiconductor device will avoid leakage currents in the OFF position, contributing consequently to saving energy.

V.6.2 Power factor correction

Power factor correction has a major impact on the energy efficiency of an installation. Thus, the power factor has to be maintained close to 1. As power factor depends on the nature of the loads switched on, an automatic capacitor bank (with or without detuned reactor depending on the level of harmonic) controlled by AC-6b rated contactors will optimize the energy efficiency.

V.6.3 Load shedding

When load shedding is initiated, the total load is systematically reduced until the required level is obtained, either by manually reducing or by shutting off individual loads, or by an automated system. All loads in a facility shall be defined in different categories including critical, essential, and nonessential loads. Usually only nonessential loads are shed, and the order of shedding can be configured.

V.6.4 Motor control for fixed speed applications

AC induction motor is the most common motor used in industry and mains powered home appliances.

An AC induction motor can consume more energy than it actually needs to perform its work, especially when operated with less than 30 % of the rated load or by unnecessary idling and jogging. A better choice of the motor and of the applied motor control will improve the global energy efficiency of the electric motor system.

NOTE The power dissipation of the various fuseless switching devices is in the range of 0,5 % of the power of the load to be switched.

Induction motors are basically designed as fixed speed devices. There are practically only two methods to change the rotation speed of AC induction motor (squirrel cage): use frequency converter or use motor with separate winding for different speeds. For the applications where speed control is needed, a frequency converter with a three phase AC motor should be used. For fixed speed applications, the motor starter (direct on line, star-delta, two-step, soft starter) is the most energy efficient solution.

Annex W (normative)

Procedure to establish material declaration

W.1 General

Manufacturers are often requested by their customers to communicate and declare information about the material composition of their products. The main intended uses of this information are:

- enabling assessment of product compliance with substance-restriction requirements;
- use in environmentally conscious design processes.

Such communication and declaration of material composition information is usually known as material declaration.

Providing the material declaration is at discretion of the manufacturer.

IEC 62474 is intended to establish requirements for material declarations, standardize protocols, and facilitate transfer and processing of data. Compilation of material declarations of products is easier if IEC 62474 is thoroughly applied throughout the supply chain.

W.2 Object

This annex specifies the procedure, content, and form relating to material declarations for low-voltage switchgear and controlgear. Process chemicals and emissions during product use are not in the scope of this annex.

W.3 Reference document

IEC 62474:2018, *Material declaration for products of and for the electrotechnical industry*

W.4 Terms and definitions

W.4.1

declarable substance

substance that meets specified criteria for reporting

Note 1 to entry: Criteria for declarable substances within the IEC 62474-DB³ are specified in Clause 5 of IEC 62474:2018.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 62474:2018, 3.5, modified – Abbreviated term deleted, “DSL” replaced with “DB”, and “of IEC 62474:2018” added in Note 1 to entry.]

W.4.2

declarable substance group

substance group that meets specified criteria for reporting

EXAMPLE Chromium (VI) compounds.

³ “DB” refers to the IEC on-line database, available at: <http://std.iec.ch/iec62474>

Note 1 to entry: Criteria for declarable substance groups within the IEC 62474-DB are specified in Clause 5 of IEC 62474:2018.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 62474:2018, 3.6, modified – Abbreviated term deleted, “DSL” replaced with “DB”, and “of IEC 62474:2018” added in Note 1 to entry.]

W.4.3

homogeneous material

one material of uniform composition throughout or a material, consisting of a combination of materials, that cannot be disjointed or separated into different materials by mechanical actions such as unscrewing, cutting, crushing, grinding and abrasive processes

Note 1 to entry: Definition is in accordance with EU DIRECTIVE 2011/65/EU.

W.4.4

material class

defined classification of materials that are established in referenced IEC DB 62474 for purposes of inventorying aspects of a product, such that no two classes contain the same materials

Note 1 to entry: If a material falls under multiple material classes, such as copper zinc alloy which can fall under copper and its alloys or zinc and its alloys, the substance with the largest mass within the material should take precedence.

[SOURCE: IEC 62474:2018, 3.16]

W.4.5

material declaration

communication of information about material composition of the product and declaration thereof, made in conformity with the requirements of IEC DB 62474

W.5 Material declaration requirements

W.5.1 General reporting requirements

The material declaration shall be made in compliance with IEC 62474, especially reporting criteria and format.

The material declaration shall include the information necessary to assess if the product meets substance restrictions according to current regulations.

Where a declarable substance in a product is permitted according to an exemption or exception in the regulation (e.g. exemptions in the RoHS directive, 2011/65/UE), the use of such exemption or exception shall be indicated in the material declaration according to the IEC 62474 scheme.

The material declaration shall provide information about declarable substances at material level, including the weight of that material.

A single material declaration can be made for a family of products when the composition is the same for all the products thereof.

NOTE 1 Weight information meets provisions of regulations that applies at product level instead than at homogeneous material level, e.g. REACh.

NOTE 2 Information about the nature and the function of the component containing the declarable substance can be provided.

W.5.2 Additional reporting requirements

These additional reporting requirements are aimed to ensure that the material declaration meets the most typical common requests from the electrical and electronic industry. By applying those requirements, the manufacturer ensures the same material declaration can be re-used for many customers.

All declarable substances and declarable substance groups meeting their specific reporting criteria (i.e. whose concentration exceeds the threshold level) shall be reported, including those with optional reporting requirement.

NOTE 1 Information about presence of non-restricted substances, such as brominated flame retardants (other than PBBs, PBDEs, or HBCDD), is commonly requested by customers.

The material declaration shall include a description of the materials contained in the equipment classified according to the material classes in the IEC 62474 database. For each material class the mass or percentage of the product mass shall be declared.

NOTE 2 Material classes and mass or mass percentage data are inputs for Environmental Conscious Design process.

W.6 Example of material declaration made according to W.5

A low-voltage molded-case circuit-breaker (MCCB) is considered.

The presentation of this example is not intended to comply with the IEC 62474 XML format. Information is provided both in tabular format, easier to read, and in a graphical representation of the XML native code.

The material declaration consists of 5 sections:

- *Main*, containing the version of the database and the XML schema used for the declaration (see Table W.1 and Figure W.1);
- *BusinessInfo*, containing information about the declaration and the manufacturer, including contact information (see Table W.1 and Figure W.1);
- *ProductID*, providing information about the product/product family for which the declaration is made (see Table W.2 and Figure W.2);
- *Declarable Substances*, listing information about the declarable substances contained in the product that meet the reporting criteria (see Table W.3 and Figure W.3);
- *Material Classes*, listing the material classes in the product, with their mass / mass percentage (see Table W.4 and Figure W.4).

NOTE 1 Where the product does not contain declarable substances meeting the reporting criteria, the declarable substance section can be empty.

NOTE 2 Tables include optional fields that have been left empty. XML charts do not exhibit those fields.

Table W.1 – Example of main and business information in tabular form

Main info	
schemaDatabaseVersion	cdv 1
substanceDataBaseVersion	cdv 1
Business Info	
Supplier Company	ACME Corp.
Supplier DUNS code	123456789
Supplier Contact name	Joe White
Supplier Contact email	joe.white@acmecoco.com
Supplier Contact phone	301-555-2345
Supplier Contact title	Quality Assurance Engineer
Supplier Authorizer name	John Black
Supplier Authorizer email	john.black@acmecoco.com
Supplier Authorizer phone	301-555-2345
Supplier Authorizer title	Quality Assurance Engineer
Request Company	-
Request Contact	-
Mode	Distribute
Request Date	-
Respond by Date	-
Response Date	15-août-14
Field Lock	-
Attachment	-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

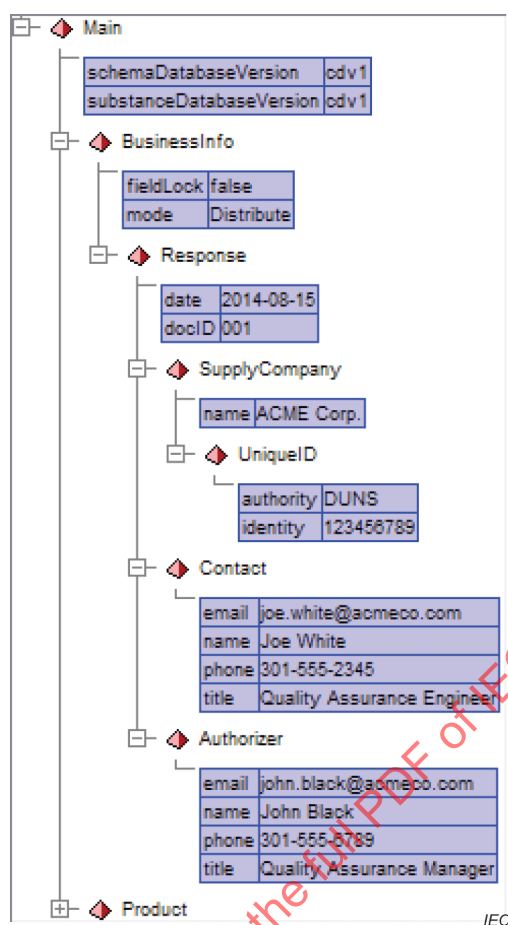


Figure W.1 – Example of Main and Business information, graphical representation of the XML code

Table W.2 – Example of product information in tabular form

ProductID	
Responder Product Name	ACME MCCB 160A
Responder Identifier	ACME XYZ160
productFamilyName	Tmax MCCB
Manufacturing Site	-
Effective Date	15/08/14
Version	-
Requester Name	-
Requester Identifier	-
Mass	1013
Unit of Measure	g
Unit Type	each
Query List	-
Attachment	-

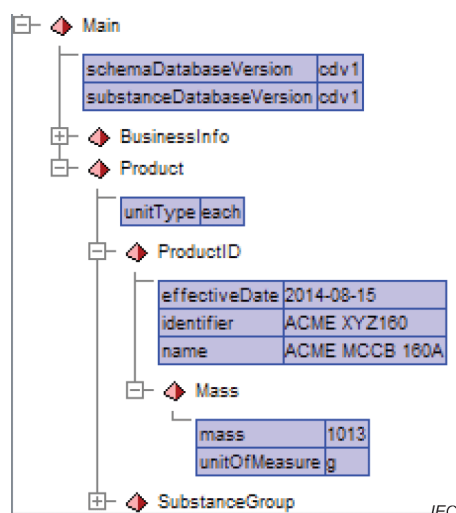


Figure W.2 – Example of product information, graphical representation of the XML code

Table W.3 – Example of declarable substances information in tabular form

Material			Substance group					Substance			
Name	Mass (g)	Mass%	Name	Mass (g)	Mass%	Material mass%	Exemption	Name	Mass (g)	Mass%	Material mass%
Glass-reinforced polyamide	15,7		Brominated flame retardant			8%					
Steel	3,5		Lead/lead compounds				RoHS exemption 6(a) lead as alloying element in steel up to 0.35 %	Pb		0,35%	

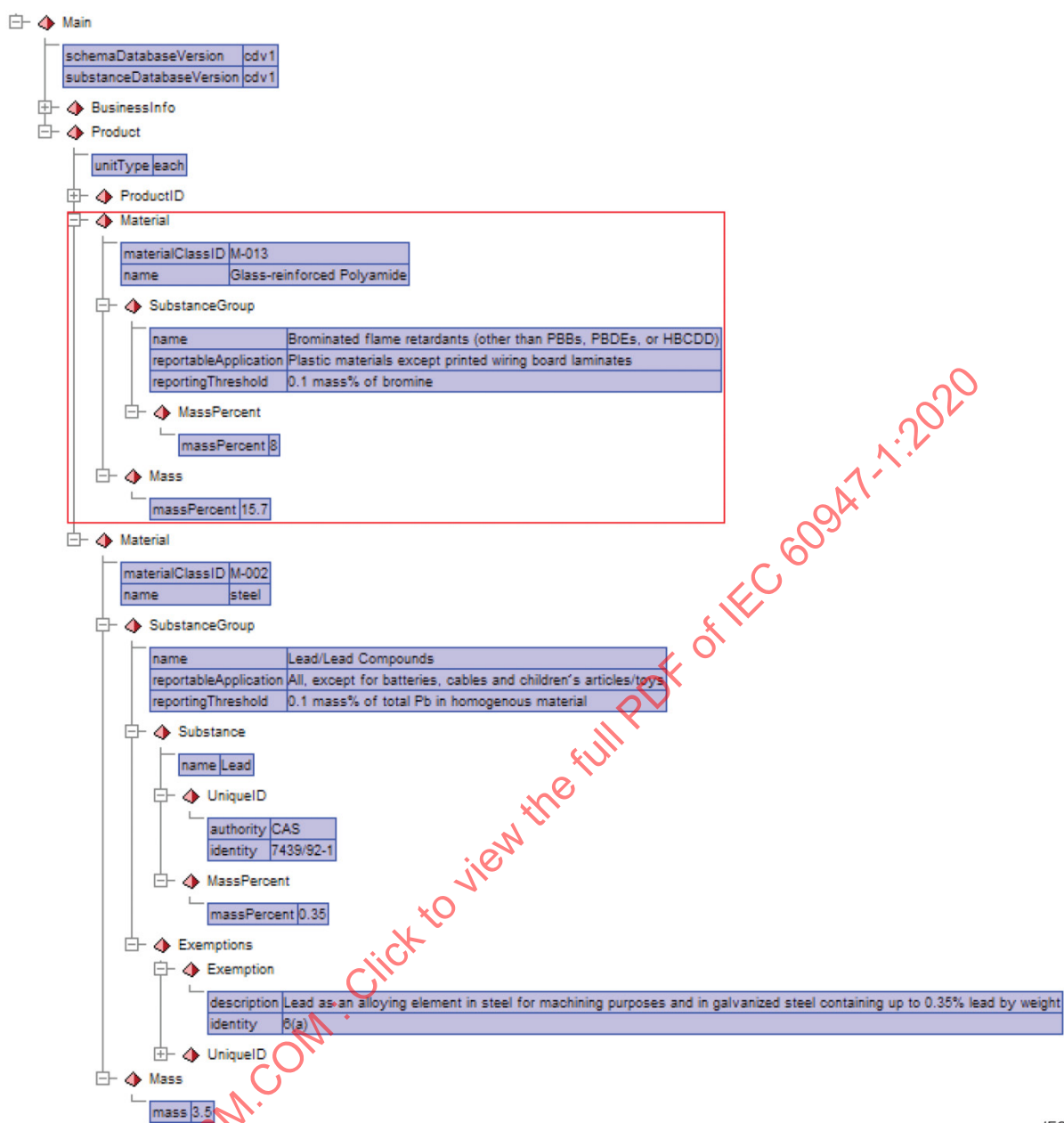


Figure W.3 – Example of declarable substances information, graphical representation of the XML code

Table W.4 – Example of material classes information in tabular form

Material class ID	Material class name	Weight (g)
M-001	Stainless steel	23,8
M-002	Other ferrous alloys, non-stainless steels	354,2
M-003	Aluminum and its alloys	
M-004	Copper and its alloys	136,7
M-005	Magnesium and its alloys	
M-006	Nickel and its alloys	1,9
M-007	Zinc and its alloys	1,8
M-008	Precious metals	2,6
M-009	Other non-ferrous metals and alloys	1,6
M-010	Ceramics / glass	
M-011	Other inorganic materials	
M-012	PolyVinylChloride (PVC)	
M-013	Other thermoplastics	96,9
M-014	Other plastics and rubber	393,0
M-015	Other organic materials	0,5
Total		1013,0

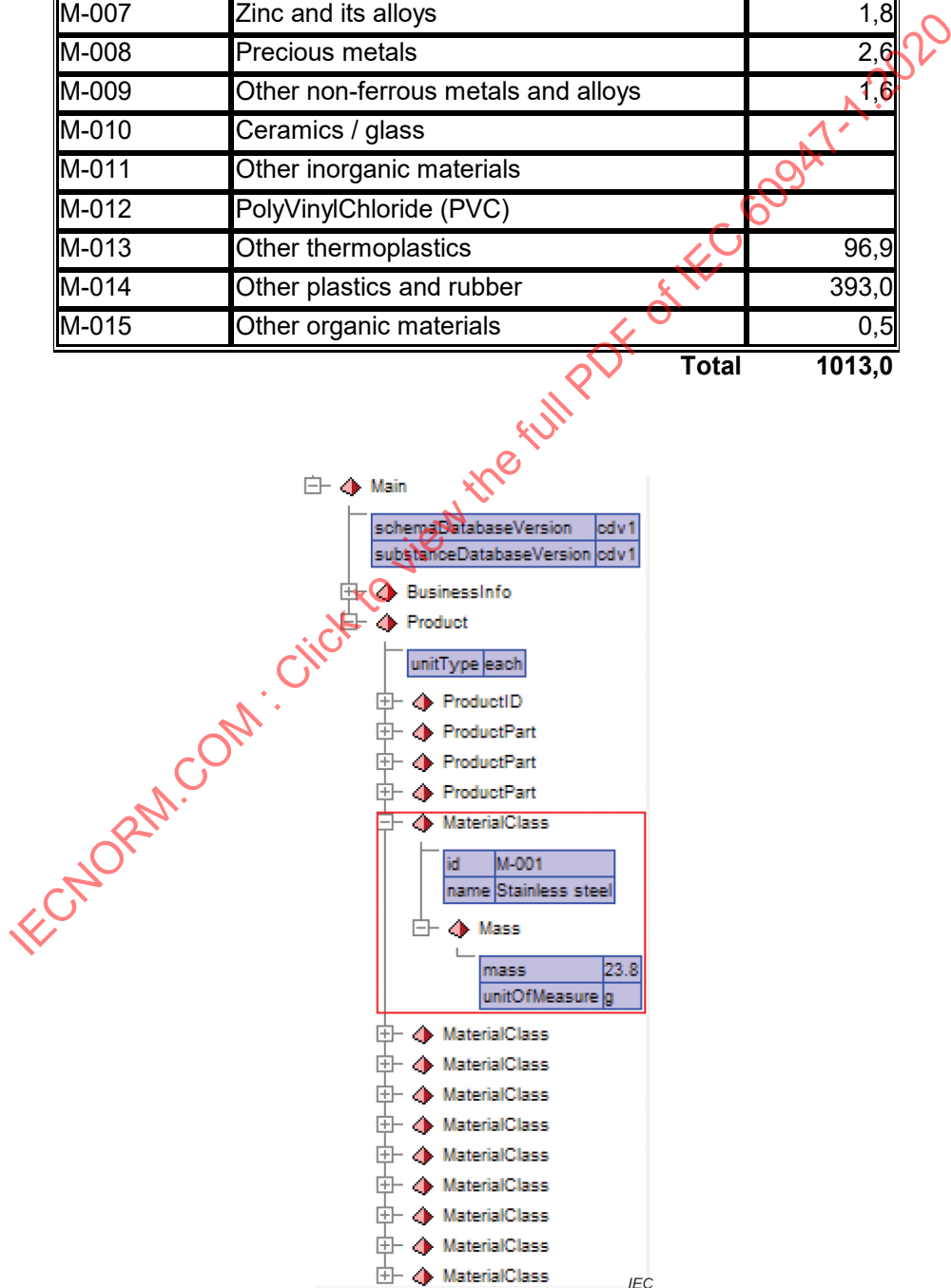


Figure W.4 – Example of material classes information, graphical representation of the XML code

Annex X (normative)

Co-ordination between circuit-breaker or CPS and another short-circuit protective device associated in the same circuit

X.1 General

To ensure co-ordination between a circuit-breaker or CPS (Control and Protective Switching device, C_1) and another short-circuit protective device (SCPD) associated with it in the same circuit, it is necessary to consider the characteristics of each of the two devices as well as their dynamic behaviour as an association.

NOTE An SCPD can incorporate additional protective means, for example, overload releases.

The SCPD may consist of a fuse (or a set of fuses) – see Figure X.1 – or a circuit-breaker (C_2) (see Figure X.2 and Figure X.3).

The comparison of the individual operating characteristics of each of the two associated devices may not be sufficient, when reference has to be made to the behaviour of these two devices operating in series, since the impedance of the devices is not always negligible. It is recommended that this should be taken into account. For short-circuit currents, it is recommended that reference be made to I^2t instead of time.

C_1 is frequently connected in series with another SCPD for reasons such as the method of power distribution adopted for the installation or because the short-circuit breaking capacity of C_1 alone may be insufficient for the proposed application. In such instances the SCPD may be mounted in locations remote from C_1 . The SCPD may be protecting a main feeder supplying a number of circuit-breakers or CPSs C_1 or just an individual circuit-breaker or CPS.

For such applications, the user or specifier may have to decide, on the basis of a desk study, how the optimum level of co-ordination may best be achieved. This annex is intended to give guidance for this decision, and also on the type of information which the circuit-breaker or CPS manufacturer should make available.

Guidance is also given on test requirements, where such tests are deemed necessary for the proposed application.

The term "co-ordination" includes consideration of selectivity (see 3.7.23.1, 3.7.23.2, 3.7.23.3) as well as consideration of back-up protection (see 3.7.24).

Consideration of selectivity can either be carried out by desk study or by test (see X.5), whereas the verification of back-up protection normally requires the use of tests (see X.6).

When considering short-circuit breaking capacity, reference may be made to the rated ultimate short-circuit breaking capacity (I_{cu}), or to the rated service short-circuit breaking capacity (I_{cs}), according to the desired criterion.

X.2 Object

This annex gives guidance on and requirements for the co-ordination of circuit-breakers or CPSs with other SCPDs associated in the same circuit, as regards selectivity as well as back-up protection.

The object of this annex is to state:

- the general requirements for the co-ordination of a circuit-breaker or CPS with another SCPD;
- the methods and the tests (if deemed necessary) intended to verify that the conditions for co-ordination have been met.

X.3 General requirements for the co-ordination of a circuit-breaker or CPS with another SCPD

X.3.1 General considerations

Ideally, the co-ordination should be such that a circuit-breaker or CPS (C_1) alone will operate at all values of overcurrent up to the limit of its rated short-circuit breaking capacity I_{cu} .

NOTE If the value of the prospective fault current at the point of installation is less than the rated ultimate short-circuit breaking capacity of C_1 , it can be assumed that the SCPD is only in the circuit for considerations other than those of back-up protection.

In practice, the following considerations apply:

- a) If the value of the selectivity limit current I_s (see 3.7.68) is too low, there is a risk of unnecessary loss of selectivity.
- b) If the value of the prospective fault current at the point of installation exceeds the rated ultimate short-circuit breaking capacity of C_1 , the SCPD shall be so selected that the behaviour of C_1 is in accordance with X.3.3 and the take-over current I_B (see 3.7.25), if any, complies with the requirements of X.3.2.

Whenever possible, the SCPD shall be located on the supply side of C_1 . If the SCPD is located on the load side, it is essential that the connection between C_1 and the SCPD be so arranged as to minimize any risk of short-circuit.

X.3.2 Take-over current (I_B)

For the purpose of back-up protection the take-over current I_B shall not exceed the rated ultimate short-circuit breaking capacity I_{cu} of C_1 alone (see Figure X.3a)).

X.3.3 Behaviour of C_1 in association with another SCPD

For all values of overcurrent up to and including the short-circuit breaking capacity of the association, C_1 shall comply with the requirements of 8.2.5.

X.4 Type and characteristics of the associated SCPD

On request, the manufacturer of the circuit-breaker or CPS shall provide information on the type and the characteristics of the SCPD to be used with C_1 , and on the maximum prospective short-circuit current for which the association is suitable at the stated operational voltage.

Details of the SCPD used for any tests made in accordance with this annex, i.e. manufacturer's name, type designation, rated voltage, rated current and short-circuit breaking capacity, shall be given in the test report.

The maximum conditional short-circuit current (see 3.7.29) shall not exceed the rated ultimate short-circuit breaking capacity of the SCPD.

X.5 Verification of selectivity

X.5.1 General

Selectivity can normally be considered by the manufacturer by desk study alone, i.e. by a comparison of the operating characteristics of C_1 and the associated SCPD (see X.5.2). Selectivity can also be determined by tests (see X.5.3).

In certain cases, tests on the association will show a higher level of I_s than obtained by a desk study, for example:

- when C_1 is of the current-limiting type and C_2 is not provided with an intentional time-delay;
- when the opening time of the SCPD is less than that corresponding to one half-cycle.

To obtain improved selectivity when the associated SCPD is a circuit-breaker, an intentional short-time delay is sometimes provided for C_2 .

Selectivity may be overcurrent partial selectivity (see Figure X.3a)) or overcurrent total selectivity up to the rated short-circuit breaking capacity I_{cu} of C_1 .

Two illustrations of total selectivity are given in Figure X.2a) and Figure X.2b).

X.5.2 Consideration of selectivity by desk study

X.5.2.1 Selectivity in the overload zone

Two cases are considered hereafter, depending on whether the SCPD is a circuit-breaker or a fuse

- a) Circuit-breaker or CPS in series with a circuit-breaker (C_1 and C_2) – selectivity determination by comparison of characteristics

Selectivity in the time-delayed overcurrent zone is verified by comparison of the time/current characteristics. Separation of the characteristics in both the time and current axes ensures selective operation of C_1 with respect to C_2 , in this zone. There will be a tolerance applicable to the characteristics, which should be taken into account. The manufacturer's data should show a tolerance band or otherwise indicate the tolerance applicable, as required by this document.

- b) Circuit-breaker or CPS (C_1) with fuse as SCPD – selectivity determination by comparison of characteristics

Selectivity in the overload zone is determined by the comparison of time/current characteristics. Separation of the characteristics in both the time and current axes ensures selective operation of C_1 with respect to the fuse, in this zone. There will be a tolerance applicable to the characteristics, which should be taken into account. The manufacturer's data should show a tolerance band or otherwise indicate the tolerance applicable, as required by the product standards.

X.5.2.2 Determination of selectivity in the fault current (short-circuit) zone

Determination from time/current characteristics, of selectivity between two circuit-breakers or CPSs in the fault current (short-circuit) zone (see Figure X.2a)), is limited to the case where C_2 has a short-circuit release time-delay function provided by an electronic release.

- a) Circuit-breaker or CPS in series with another circuit-breaker (C_1 and C_2) – selectivity determination by consideration of peak let-through current

In the case where the instantaneous tripping of C_2 depends on an electromagnetic effect (i.e. thermal/magnetic or magnetic-only circuit-breaker) or in the case of an electronic trip unit with an instantaneous release, the minimum level of selectivity between two devices in the fault current zone may be determined as follows:

Selectivity is assured up to the fault current level at which the peak current let-through of C_1 is less than the peak value corresponding to the instantaneous short-circuit current setting (I_i) of C_2 , taking into account the tolerance.

NOTE 1 Example of selectivity calculation

$C_2 = 800$ A MCCB; $I_i = 8$ kA RMS – 12 kA RMS (10 kA setting ± 20 %); $C_1 = 125$ A MCCB.

Minimum tripping level of C_2 is $8 \times 1,414 = 11,3$ kA peak.

Let-through current of C_1 at 15 kA RMS prospective, due to the current limitation of C_1 , is 11 kA peak, from test data.

Therefore the system is selective to at least 15 kA RMS prospective.

NOTE 2 The selectivity limit obtained by this method will be on the low side and the actual limit determined by test will be significantly higher in most cases.

b) Circuit-breaker or CPS (C_1) with fuse as SCPD

Selectivity in the fault-current (short-circuit) zone (see Figure X.1) is determined from the I^2t characteristics. The selectivity limit current I_s is the maximum value at which let-through I^2t of the circuit-breaker or CPS is lower than the pre-arcing I^2t of the fuse. In the absence of an actual curve the manufacturer's quoted I^2t pre-arc value for the fuse is taken.

c) Fuse (C_1) with circuit-breaker or CPS as SCPD

Selectivity in the instantaneous tripping short-circuit zone is determined from the let-through current of the fuse.

The selectivity limit current I_s is the maximum value at which the peak let-through current of the fuse is lower than the peak value corresponding to the instantaneous tripping level (I_i) of circuit-breaker taking into account the tolerance.

X.5.2.3 Determination of selectivity limit current for specific installation conditions

Data on selectivity limits may be supplied in tabulated form, graphically or as software media. Data obtained from either a desk study or tests, to this document, will be based on the prospective fault current level at the incoming device (C_2) and assumes that the coordinated devices are in close proximity. In practice the selectivity limit will be influenced by the impedance between the two devices. Therefore, in the practical situation taking the prospective fault current at the downstream circuit-breaker or CPS will give a more precise value for the selectivity limit.

X.5.3 Selectivity determined by test

An example of the circuit diagram for the tests is shown in Figure X.5, where:

- C_1 may be a circuit-breaker or CPS in compliance with appropriate IEC 60947 series product standard or another IEC standard or a fuse in accordance with the appropriate IEC standard;
- settings of C_1 and C_2 are adjusted to the maximum instantaneous setting, if applicable.

Tests at other release settings may be made at the discretion of the manufacturer, in which case the settings of the releases shall be recorded in the test report.

The connecting cables shall be included as specified in 8.3.2.6.4 of IEC 60947-2:2016 except the total length of the cables may be distributed between the supply side and the load side of C_1 and C_2 as convenient.

The test shall consist of an O – t – CO operation, the CO operation being made by closing the downstream device C_1 . If the downstream device is a fuse, the operation shall be made by closing C_2 .

The test is made at the level of prospective current for which the association of C_1 and C_2 is declared by the manufacturer to be selective.

Results to be obtained:

- Subclause 9.3.4.1.7 applies;
- During each operation, C_1 shall operate and C_2 shall not trip. If the contacts of C_2 separate momentarily during the operations, the time between the beginning of short-circuit and the end of C_2 contact separation shall be less than or equal to 30 ms. The actual value shall be stated in the test report;
- In addition, it shall be verified that the contacts of C_2 are able to be opened by the normal operating means.

X.6 Verification of back-up protection

X.6.1 Determination of the take-over current

Compliance with the requirements of X.3.2 can be checked by comparing the operating characteristics of C_1 and the associated SCPD for all settings of C_1 and, if applicable, for all settings of C_2 .

X.6.2 Verification of back-up protection

Back-up protection can be verified either by tests, or by comparison of characteristics.

a) Verification by tests

Compliance with the requirements of X.3.3 is normally verified by tests in accordance with X.6.3. In this case, all the conditions for the tests shall be as specified in 8.3.2.6 of IEC 60947-2 with the adjustable resistors and inductors for the short-circuit tests on the supply side of the association.

b) Verification by comparison of characteristics

In some practical cases and where the SCPD is a circuit-breaker (see Figure X.3a) and Figure X.3b)), it may be possible for the manufacturer to compare the operating characteristics of C_1 and of the associated SCPD, special attention being paid to the following:

- the Joule integral value of C_1 at its I_{cu} and that of the SCPD at the prospective current of association;
- the effects on C_1 (e.g. by arc energy, by maximum peak current, cut-off current) at the peak operating current of the SCPD.

The suitability of the association may be evaluated by considering the maximum total operating I^2t characteristic of the SCPD, over the range from the rated short-circuit breaking capacity I_{cu} of C_1 up to the prospective short-circuit current of the application, but not exceeding the maximum let-through I^2t of C_1 at its rated short-circuit breaking capacity or other lower limiting value stated by the manufacturer.

NOTE Where the associated SCPD is a fuse, the validity of the desk study is limited up to I_{cu} of C_1 .

X.6.3 Tests for verification of back-up protection

If C_1 is fitted with adjustable overcurrent opening releases, the operating characteristics shall be those corresponding to the minimum time and current settings.

If C_1 can be fitted with instantaneous overcurrent opening releases, the operating characteristics to be used shall be those corresponding to C_1 fitted with such releases.

If the associated SCPD is a circuit-breaker (C_2) fitted with adjustable overcurrent opening releases, the operating characteristics to be used shall be those corresponding to the maximum time and current settings.

If the associated SCPD consists of a set of fuses, each test shall be made using a new set of fuses, even if some of the fuses used during a previous test have not blown.

Where applicable, the connecting cables shall be included as specified in 8.3.2.6.4 of IEC 60947-2 except that, if the associated SCPD is a circuit-breaker (C_2), the full length of cable (75 cm) associated with this circuit-breaker may be on the supply side (see Figure X.4).

Each test shall consist of a O – t – CO sequence of operations made in accordance with 8.3.5 of IEC 60947-2:2016, the CO operation being made on C_1 .

A test is made with the maximum prospective current for the proposed application. This shall not exceed the rated conditional short-circuit (see 5.3.6.4).

A further test shall be made at a value of prospective current equal to the rated short-circuit breaking capacity I_{cu} (or I_{cs}) of C_1 , for which test a new sample C_1 may be used, and also, if the associated SCPD is a circuit-breaker, a new sample C_2 .

During each operation

a) If the associated SCPD is a circuit-breaker (C_2):

- either both C_1 and C_2 shall trip at both test currents, no further tests then being required.

This is the general case and provides back-up protection only.

- or C_1 shall trip and C_2 shall be in the closed position at the end of each operation, at both test currents, no further tests then being required.

The contacts of C_2 are allowed to separate momentarily during each operation. In this case restoration of the supply is provided, in addition to back-up protection (see Note 1 to Figure X.3a)). The duration of contact separation of C_2 , if any, shall be recorded during these tests.

- or C_1 shall trip at the lower test current, and both C_1 and C_2 shall trip at the higher test current.

The contacts of C_2 are allowed to separate momentarily at the lower test current. Additional tests shall be made at intermediate currents to determine the lowest current at which both C_1 and C_2 trip, up to which current restoration of supply is provided. The duration of contact separation of C_2 , if any, shall be recorded during these tests.

b) If the associated SCPD is a fuse (or a set of fuses):

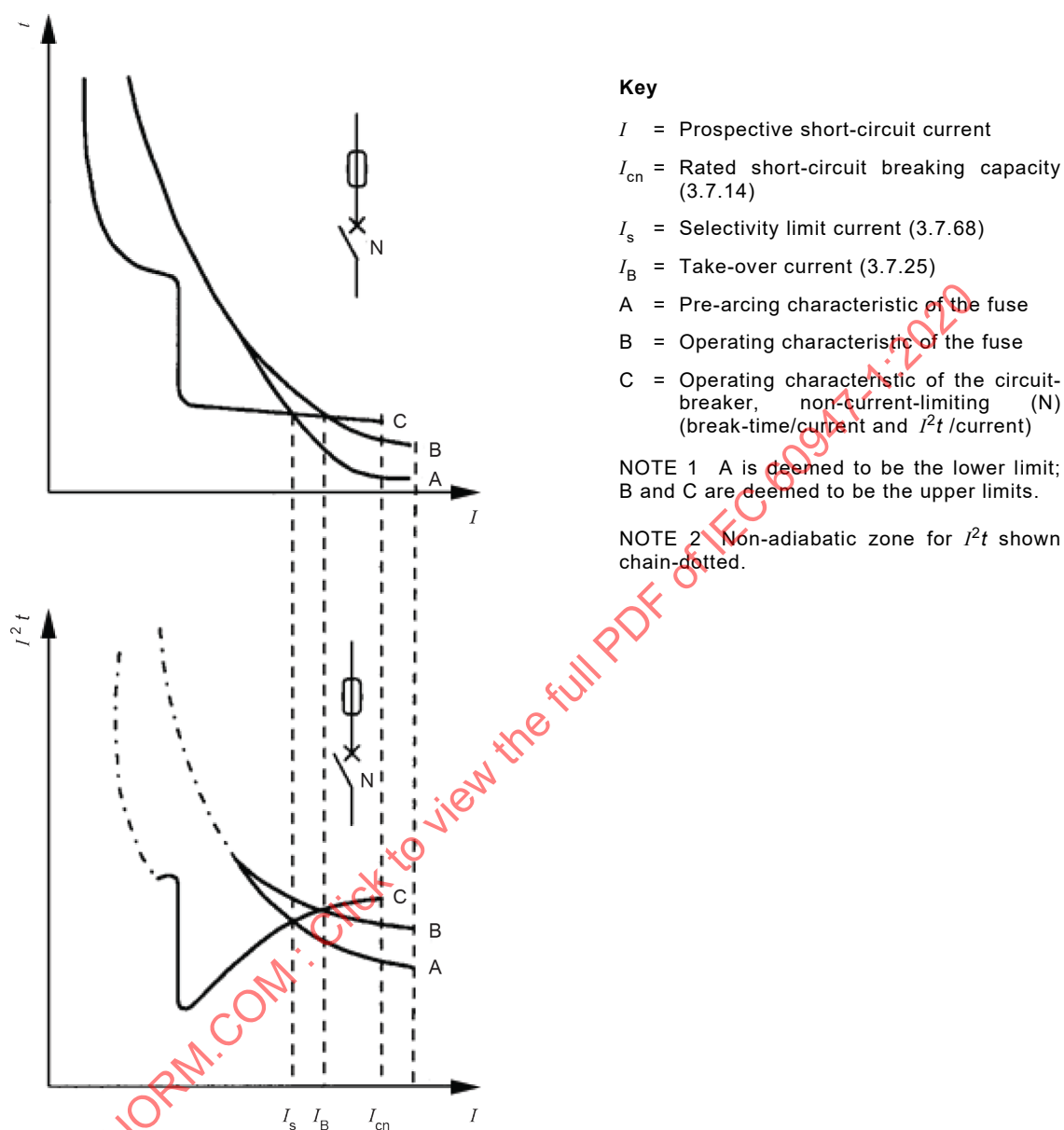
- in the case of a single-phase circuit at least one fuse shall blow;
- in the case of a multi-phase circuit either two or more fuses shall blow, or one fuse shall blow and C_1 shall trip.

X.6.4 Results to be obtained

Subclause 9.3.4.1.7 applies, with the following addition:

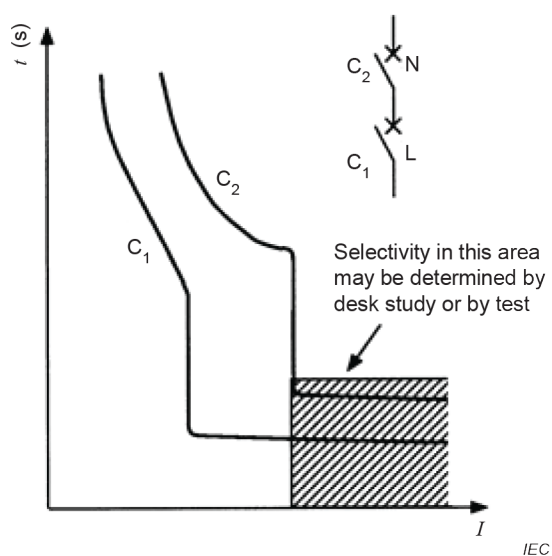
Following the tests, if C_1 is a circuit-breaker or CPS, the dielectric withstand and overload release shall be verified according to product standard requirement; if C_1 is a fuse, it shall comply with the applicable requirements of IEC 60269-1.

In addition, if the associated SCPD is a circuit-breaker (C_2), it shall be verified, by manual operation or other appropriate means, that the contacts of C_2 have not welded.



IEC

Figure X.1 – Overcurrent co-ordination between a circuit-breaker or CPS and a fuse or back-up protection by a fuse: operating characteristics

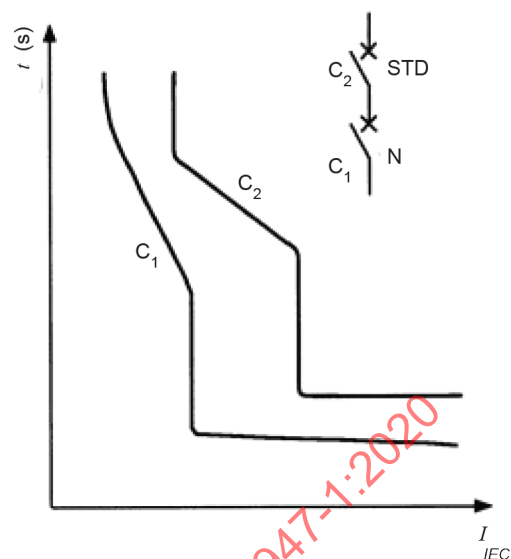


C_1 = Current-limiting circuit-breaker or CPS (L) (break-time characteristic)

C_2 = Current-limiting circuit-breaker or non-current-limiting circuit-breaker (N) (tripping characteristic)

Values of I_{cu} are not shown.

Figure X.2a) – Current-limiting CB or CPS downstream

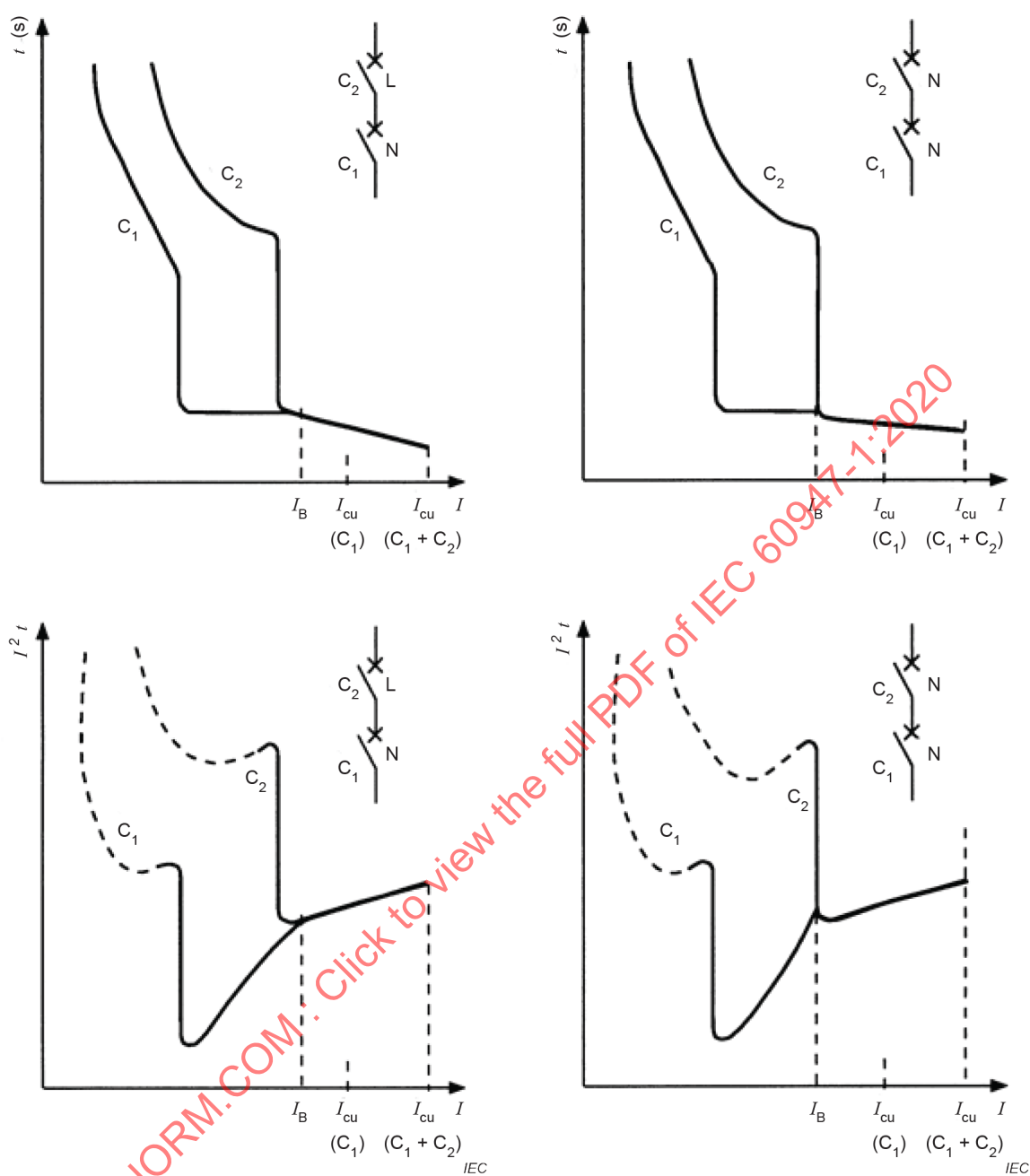


C_1 = Non-current-limiting circuit-breaker or CPS (N) (break-time characteristic)

C_2 = Circuit-breaker with intentional short-time delay (STD) (tripping characteristic)

Figure X.2b) – Non current-limiting CB or CPS downstream

Figure X.2 – Total selectivity between two circuit-breakers or a circuit-breaker and a CPS



C_1 = Non current-limiting circuit-breaker or CPS (N)

C_2 = Current-limiting circuit-breaker (L)

I_B = Take-over current

NOTE 1 Where applicable, restoration of supply by C_2 occurs.

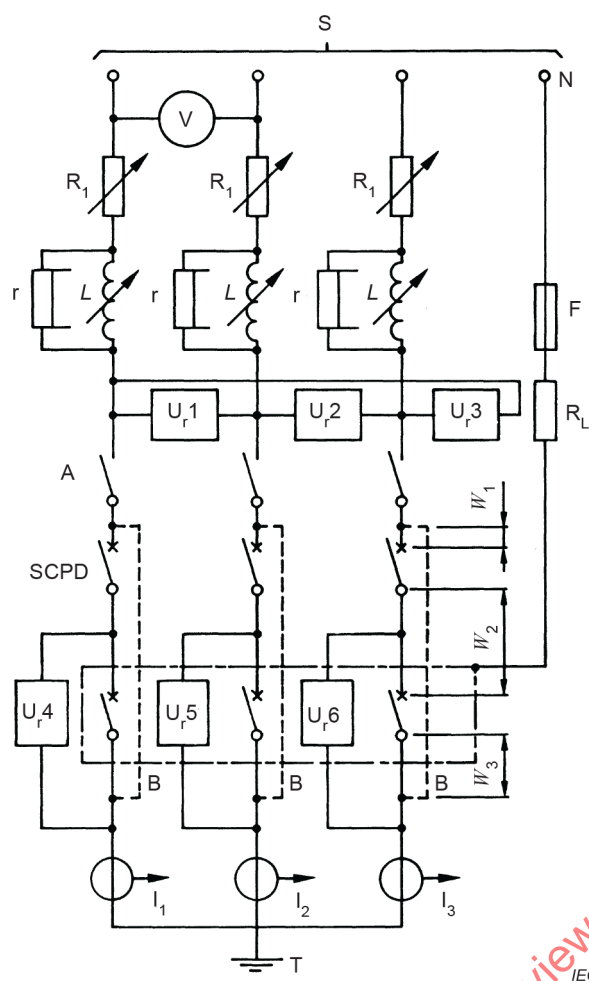
NOTE 2 $I_{cu} (C_1 + C_2) \leq I_{cu} (C_2)$

NOTE 3 For values of $I > I_B$, the curve is that of the association (shown in bold) for which data are obtained by tests.

Figure X.3a) – Current-limiting CB upstream

Figure X.3b) – Non current-limiting CB upstream

Figure X.3 – Back-up protection by a circuit-breaker or CPS – Operating characteristics



S	supply
U_r1, U_r2, U_r3	voltage sensors
U_r4, U_r5, U_r6	
V	voltage measuring device
A	closing device
R_1	adjustable resistor
N	neutral of supply (or artificial neutral)
F	fusible element (9.3.4 1.2 item d))
L	adjustable reactors
R_L	fault-current limiting resistor
B	temporary connections for calibration
I_1, I_2, I_3	current sensing devices
T	earth: one earthing point only (load side or supply side)
r	shunting resistor (9.3.4.1.2, item b))
W_1	75 cm of cable rated for SCPD
W_2	50 cm of cable rated for C_1
W_3	25 cm of cable rated for C_1
SCPD	circuit-breaker C_2 or set of 3 fuses
C_1	circuit-breaker or CPS under test

Adjustable loads L and R_1 may be located either on the high voltage side or on the low voltage side of the supply circuit, the closing device A being located on the low voltage side.

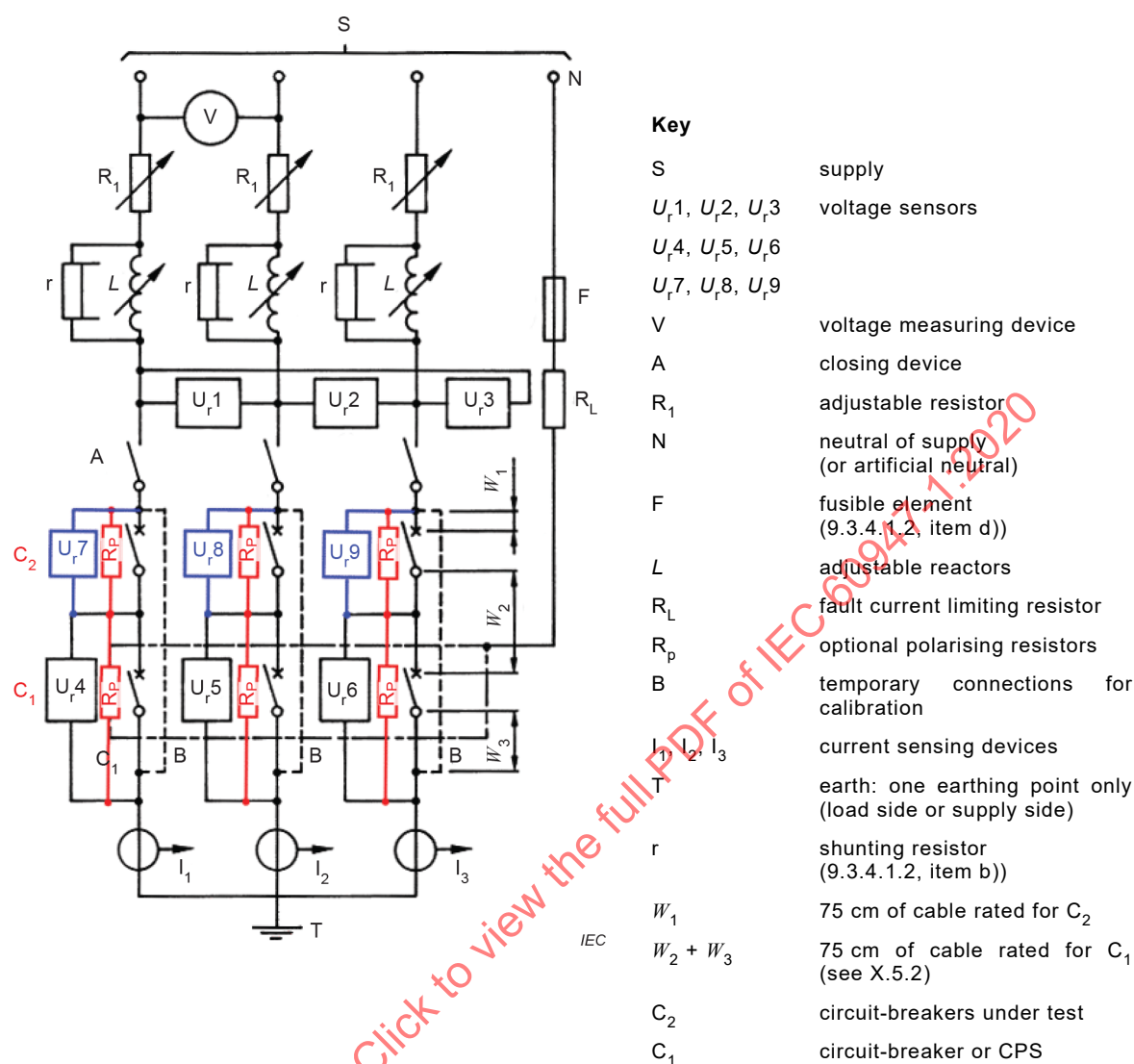
U_{r1} , U_{r2} , U_{r3} may, alternatively, be connected between phase and neutral.

In the case of devices intended for use in a phase-earthed network, F shall be connected to one phase of the supply.

In the USA and Canada (see the note to 6.2), F shall be connected:

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage.

Figure X.4 – Example of test circuit for conditional short-circuit breaking capacity tests showing cable connections for a 3-pole circuit-breaker or CPS (C₁)



Adjustable loads L and R_1 may be located either on the high voltage side or on the low voltage side of the supply circuit, the closing device A being located on the low voltage side.

U_1, U_2, U_3 may, alternatively, be connected between phase and neutral.

In the case of devices intended for use in a phase-earthed network, F shall be connected to one phase of the supply.

NOTE 1 In the USA and Canada (see the note to 6.2), F is connected:

- to one phase of the supply for equipment marked with a single value of U_e ;
- to the neutral for equipment marked with a twin voltage.

NOTE 2 Polarizing resistors allow determination of contact opening time for the two devices in series, the value being high enough not to influence the devices under test.

Figure X.5 – Example of test circuit for the verification of selectivity

Bibliography

IEC 60034-12:2016, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

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

IEC 60050-151:2001/AMD1:2013

IEC 60050-151:2001/AMD2:2014

IEC 60050-151:2001/AMD3:2019

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability*

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IE 60050-195:1998/AMD1:2001

IEC 60050-212:2010, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

IEC 60050-442:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 442: Electrical accessories*

IEC 60050-442:1998/AMD1:2015

IEC 60050-442:1998/AMD2:2015

IEC 60050-442:1998/AMD3:2019

IEC 60050-461:2008, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 461: Electric cables*

IEC 60050-603:1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 603: Generation, transmission and distribution of electricity – Power systems planning and management*

IEC 60050-603:1986/AMD1:1998

IEC 60050-826:2004, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*

IEC 60068 (all parts), *Environnemental testing*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60099-1⁴, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

⁴ This publication was withdrawn.

IEC 60269-2:2013, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to K*

IEC 60269-2:2013/AMD1:2016

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015

IEC 60364-4-44:2007/AMD2:2018

IEC 60533, *Electrical and electronic installations in ships – Electromagnetic compatibility (EMC) – Ships with a metallic hull*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-11-5:2016, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 60721-3 (all parts), *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities*

IEC 60721-3-0, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction*

IEC 60947 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 60947-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

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

IEC 60947-4-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-3: Contactors and motor-starters – AC semiconductor controllers and contactors for non-motor loads*

IEC 60947-5-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*

IEC 60947-5-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-3: Control circuit devices and switching elements – Requirements for proximity devices with defined behaviour under fault conditions (PDDB)*

IEC 60947-5-5, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-5: Control circuit devices and switching elements – Electrical emergency stop device with mechanical latching function*

IEC 60947-5-7, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-7: Control circuit devices and switching elements – Requirements for proximity devices with analogue output*

IEC 60947-6-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6-1: Multiple function equipment – Transfer switching equipment*

IEC 60947-6-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 6-2: Multiple function equipment – Control and protective switching devices (or equipment) (CPS)*

IEC 60947-7-1:2009, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60998-2-2:2002, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 61095, *Electromechanical contactors for household and similar purposes*

IEC 61293, *Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply – Safety requirements*

IEC 61439-1:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61508-6, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3*

IEC TR 61912-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Overcurrent protective devices – Part 1: Application of short-circuit ratings*

IEC 62075:2012, *Audio/video, information and communication technology equipment – Environmentally conscious design*

IEC 62208:2011, *Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General requirements*

IEC TR 62380:2004⁵, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment*

IEC 62430:2009, *Environmentally conscious design for electrical and electronic products*⁶

IEC 62443 (all parts), *Industrial communication networks – Network and system security*

IEC TR 63040, *Guidance on clearances and creepage distances in particular for distances equal to or less than 2 mm – Test results of research on influencing parameters*

IEC TR 63054, *Low-voltage switchgear and controlgear – Fire risk analysis and risk reduction measures*

IEC TS 63058⁷, *Environmental aspects for low-voltage switchgear and controlgear and their assemblies*

⁵ IEC TR 62380:2004 has been withdrawn and replaced by IEC 61709:2017.

⁶ 1st edition (2009). This first edition has been replaced in 2019 by a 2nd Edition IEC 62430:2019, *Environmentally conscious design – Principles, requirements and guidance*.

⁷ Under preparation. Stage at the time of publication: CDTs.

IEC Guide 106, *Guide for specifying environmental conditions for equipment performance rating*⁸

IEC Guide 109:2012, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*

IEC/IEEE 82079-1, *Preparation of information for use (instructions for use) of products – Part 1: Principles and general requirements*

ISO 13715:2017, *Technical product documentation – Edges of undefined shape – Indication and dimensioning*

ISO 14001:2015, *Environmental management systems – Requirements with guidance for use*

ISO 14020, *Environmental labels and declarations – General principles*

ISO 14021, *Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)*

ISO 14024, *Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – Principles and procedures*

ISO 14025, *Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures*

ISO 14040:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*

ISO/TR 14062, *Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development*

ISO 14063, *Environmental management – Environmental communication – Guidelines and examples*

ISO 50001:2018, *Energy management systems – Requirements with guidance for use*

ASTM B 172-71 (re-approved 2010) – *Standard specification for rope – Lay-stranded copper conductors having bunch-stranded members, for electrical energy*

Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council, on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast), 8 June 2011; OJ L 174, 1.7.2011, p. 88–110

⁸ This publication was withdrawn.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	294
INTRODUCTION.....	297
1 Domaine d'application	298
2 Références normatives	298
3 Termes, définitions, symboles et paragraphes de référence.....	302
3.1 Généralités	302
3.2 Index alphabétique des définitions	302
3.3 Termes et définitions généraux	307
3.4 Appareils de connexion	312
3.5 Parties d'appareils de connexion	315
3.6 Manœuvre des appareils de connexion	321
3.7 Grandeurs caractéristiques	326
3.8 Essais.....	336
3.9 Accès.....	337
3.10 Symboles et paragraphes de référence correspondant aux caractéristiques décrites dans le présent document.....	337
4 Classification	338
5 Caractéristiques	338
5.1 Énumération des caractéristiques	338
5.2 Type de matériel	339
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le circuit principal	339
5.3.1 Tensions assignées	339
5.3.2 Courants.....	340
5.3.3 Fréquence assignée	341
5.3.4 Services assignés	342
5.3.5 Caractéristiques en conditions de charge normale et de surcharge (voir 8.2.4).....	343
5.3.6 Caractéristiques de court-circuit	344
5.3.7 Impédance de pôle de l'appareil de connexion (Z)	345
5.4 Catégorie d'emploi.....	345
5.5 Circuits de commande	345
5.5.1 Circuits commandés électriquement ou électroniquement.....	345
5.5.2 Circuits de commande à air comprimé (pneumatiques ou électropneumatiques)	346
5.6 Circuits auxiliaires.....	346
5.7 Relais et déclencheurs.....	346
5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC).....	346
6 Informations sur le produit	347
6.1 Nature des informations	347
6.2 Marquage	348
6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage	349
6.4 Informations relatives à l'environnement	350
7 Conditions de service normal, de montage et de transport.....	350
7.1 Conditions de service normal	350

7.1.1	Température de l'air ambiant	350
7.1.2	Altitude	350
7.1.3	Conditions atmosphériques	350
7.1.4	Chocs et vibrations	351
7.2	Conditions pendant le transport et le stockage	352
7.3	Montage	352
8	Exigences relatives à la construction et aux performances	352
8.1	Exigences relatives à la construction	352
8.1.1	Généralités	352
8.1.2	Matériaux	352
8.1.3	Parties transportant le courant et leurs connexions	353
8.1.4	Distances d'isolement et lignes de fuite	354
8.1.5	Organe de commande	354
8.1.6	Indication de la position des contacts	355
8.1.7	Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement	355
8.1.8	Bornes	357
8.1.9	Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre	358
8.1.10	Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection	359
8.1.11	Enveloppes dédiées pour le matériel	360
8.1.12	Degrés de protection du matériel sous enveloppe	361
8.1.13	Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	361
8.2	Exigences relatives aux performances	361
8.2.1	Conditions de fonctionnement	361
8.2.2	Echauffement	363
8.2.3	Propriétés diélectriques	364
8.2.4	Aptitude à l'établissement, au passage et à la coupure des courants à vide et dans les conditions de charge normale et de surcharge	367
8.2.5	Aptitude à l'établissement, au passage et à la coupure des courants de court-circuit	368
8.2.6	Impédance de pôle	368
8.2.7	Courants de fuite des matériels aptes au sectionnement	368
8.3	Compatibilité électromagnétique (CEM)	369
8.3.1	Généralités	369
8.3.2	Immunité	369
8.3.3	Emissions	370
9	Essais	370
9.1	Nature des essais	370
9.1.1	Généralités	370
9.1.2	Essais de type	371
9.1.3	Essais individuels de série	371
9.1.4	Essais sur prélèvement	371
9.1.5	Essais spéciaux	372
9.2	Conformité aux exigences relatives à la construction	372
9.2.1	Généralités	372
9.2.2	Essai d'exposition de matériaux à la chaleur anormale et au feu	372
9.2.3	Matériel	373
9.2.4	Enveloppes pour le matériel	373
9.2.5	Propriétés mécaniques et électriques des bornes	373

9.2.6	Vérification de l'efficacité de l'indication de la position des contacts principaux des matériels aptes au sectionnement	376
9.2.7	Vide	378
9.2.8	Essais de traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques	378
9.2.9	Essai de continuité à la terre de la terre de protection	379
9.3	Fonctionnement	379
9.3.1	Séquences d'essais	379
9.3.2	Conditions générales d'essai	380
9.3.3	Fonctionnement à vide et dans les conditions de charge normale et de surcharge	382
9.3.4	Fonctionnement en court-circuit	395
9.4	Essais pour la CEM	401
9.4.1	Généralités	401
9.4.2	Immunité	401
9.4.3	Emissions	402
Annexe A (informative) Harmonisation des catégories d'emploi pour l'appareillage à basse tension		433
Annexe B (Disponible)		436
Annexe C (normative) Degrés de protection du matériel sous enveloppe		437
C.1	Généralités	437
C.2	Objet	437
C.3	Définitions	437
C.4	Désignations	437
C.5	Degrés de protection contre l'accès aux parties dangereuses et contre la pénétration de corps solides étrangers, indiqués par le premier chiffre caractéristique	437
C.6	Degrés de protection contre la pénétration de l'eau indiqués par le deuxième chiffre caractéristique	437
C.7	Degrés de protection contre l'accès aux parties dangereuses indiqués par la lettre additionnelle	438
C.8	Lettres supplémentaires	438
C.9	Exemples de désignation avec le code IP	438
C.10	Marquage	438
C.11	Exigences d'essai générales	438
C.12	Essais pour la protection contre l'accès aux parties dangereuses indiquée par le premier chiffre caractéristique	439
C.13	Essais pour la protection contre la pénétration de corps solides étrangers indiquée par le premier chiffre caractéristique	439
C.14	Essais pour la protection contre la pénétration de l'eau indiquée par le deuxième chiffre caractéristique	440
C.14.1	Moyens d'essai	440
C.14.2	Conditions d'essai	440
C.14.3	Conditions d'acceptation	440
C.15	Essais pour la protection contre l'accès aux parties dangereuses indiquée par la lettre additionnelle	440
C.16	Résumé des responsabilités des Comités techniques compétents	440
Annexe D (informative) Exemples d'organes de serrage et relation entre l'organe de serrage et le dispositif de connexion		444
D.1	Organe de serrage dans un dispositif de connexion	444
D.2	Exemples d'organes de serrage	445

Annexe E (informative) Description d'une méthode pour le réglage du circuit de charge	452
Annexe F (informative) Détermination du facteur de puissance ou de la constante de temps d'un court-circuit.....	454
F.1 Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	454
F.1.1 Méthode I – Détermination d'après la composante continue.....	454
F.1.2 Méthode II – Détermination avec un générateur pilote	455
F.2 Détermination de la constante de temps d'un court-circuit (méthode oscillographique)	455
Annexe G (informative) Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement	456
G.1 Principes de base	456
G.2 Emploi de nervures	456
Annexe H (informative) Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel	463
Annexe J (informative) Points faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur	465
Annexe K (normative) Procédure de détermination des données de fiabilité des dispositifs électromécaniques utilisés dans des applications de sécurité fonctionnelle	467
K.1 Généralités	467
K.1.1 Vue d'ensemble	467
K.1.2 Objet	467
K.1.3 Exigences générales	467
K.2 Termes, définitions et symboles	468
K.2.1 Termes et définitions	468
K.2.2 Symboles.....	469
K.3 Méthode reposant sur les résultats d'essai de durabilité	469
K.3.1 Méthode générale.....	469
K.3.2 Exigences d'essai.....	469
K.3.3 Nombre d'échantillons	469
K.3.4 Caractérisation d'un mode de défaillance	470
K.3.5 Modélisation de Weibull.....	470
K.3.6 Durée de vie utile et limite supérieure du taux de défaillance.....	472
K.3.7 Données de fiabilité	473
K.4 Informations sur les données	474
K.5 Exemple.....	474
K.5.1 Résultats d'essai	474
K.5.2 Loi de Weibull et régression de rang médian	475
K.5.3 Durée de vie utile et taux de défaillance	475
Annexe L (normative) Marquage des bornes et numéro distinctif	477
L.1 Généralités	477
L.2 Marquage des bornes des impédances (alphanumérique).....	477
L.2.1 Bobines	477
L.2.2 Déclencheurs électromagnétiques	478
L.2.3 Electroaimants de verrouillage.....	478
L.2.4 Systèmes de voyant lumineux.....	479
L.3 Marquage des bornes d'élément de contact des appareils de connexion à deux positions (numérique).....	479
L.3.1 Eléments de contact des circuits principaux (éléments de contact principaux).....	479

L.3.2	Éléments de contact des circuits auxiliaires (éléments de contact auxiliaires).....	479
L.4	Marquage des bornes des dispositifs de protection contre les surcharges.....	481
L.5	Numéro distinctif.....	482
L.6	Marquage des bornes pour les composants de circuit électronique, les contacts et les appareils complets externes associés.....	482
L.6.1	Marquage des bornes pour les composants de circuit électronique et les contacts externes associés.....	482
L.6.2	Marquage des bornes pour les appareils complets externes.....	485
Annexe M (normative)	Essai d'inflammabilité.....	488
M.1	Essai d'inflammation au fil chauffant (HWI).....	488
M.1.1	Echantillon d'essai.....	488
M.1.2	Description de l'appareillage d'essai.....	488
M.1.3	Conditionnement.....	489
M.1.4	Procédure d'essai.....	489
M.2	Essai d'inflammation à l'arc (AI).....	489
M.2.1	Echantillon d'essai.....	489
M.2.2	Description de l'appareillage d'essai.....	489
M.2.3	Conditionnement.....	490
M.2.4	Procédure d'essai.....	490
M.3	Exigences relatives aux essais HWI et AI.....	491
Annexe N (normative)	Exigences et essais pour le matériel avec séparation de protection.....	492
N.1	Généralités.....	492
N.2	Termes et définitions.....	492
N.3	Exigences.....	494
N.3.1	Généralités.....	494
N.3.2	Exigences diélectriques.....	494
N.3.3	Exigences relatives à la construction.....	494
N.4	Essais.....	495
N.4.1	Généralités.....	495
N.4.2	Essais diélectriques.....	495
N.4.3	Exemples de mesures relatives à la construction.....	496
Annexe O (informative)	Eco-conception.....	497
O.1	Généralités.....	497
O.2	Objet.....	498
O.3	Termes et définitions.....	498
O.4	Considérations générales.....	501
O.5	Exigences fondamentales relatives à l'écoconception.....	503
O.6	Processus d'écoconception (processus ECD).....	504
O.6.1	Généralités.....	504
O.6.2	Étapes du processus d'écoconception.....	504
O.7	Outils pour introduire l'écoconception dans la conception et le développement d'un produit.....	505
O.8	Comités techniques de l'ISO concernés.....	506
Annexe P (informative)	Cosses d'extrémité pour l'appareillage à basse tension raccordé à des conducteurs en cuivre.....	507
Annexe Q (normative)	Essais spéciaux – Essais pour les catégories d'environnement.....	508
Q.1	Généralités.....	508
Q.2	Classification des matériels.....	508

Q.3	Essais.....	509
Q.3.1	Conditions générales d'essai	509
Q.3.2	Séquences d'essais	509
Annexe R (normative) Application de la feuille métallique pour les essais diélectriques sur les parties accessibles pendant le fonctionnement ou le réglage.....		514
R.1	Généralités	514
R.2	Objet.....	514
R.3	Définition de zones	515
R.3.1	Généralités	515
R.3.2	Application de la feuille métallique sur les parties accessibles pendant le fonctionnement normal ou le réglage	515
Annexe S (normative) Entrées et sorties numériques		522
S.1	Généralités	522
S.2	Termes et définitions	522
S.3	Exigences fonctionnelles.....	522
S.3.1	Valeurs assignées et plages de fonctionnement.....	522
S.3.2	E/S numériques	523
S.4	Vérification des exigences relatives aux entrées/sorties.....	532
S.4.1	Généralités	532
S.4.2	Vérification des entrées numériques	533
S.4.3	Vérification des sorties numériques	533
S.4.4	Comportement du matériel.....	534
S.5	Informations générales à fournir par le fabricant	535
S.5.1	Informations relatives aux entrées numériques (absorption de courant)	535
S.5.2	Informations relatives aux sorties numériques en courant alternatif (émission de courant)	535
S.5.3	Informations relatives aux sorties numériques en courant continu (émission de courant)	536
S.6	Equations des plages de fonctionnement normalisées pour les entrées numériques	536
Annexe T (normative) Fonctions étendues des relais électroniques de surcharge		538
T.1	Objet.....	538
T.1.1	Généralités	538
T.1.2	Fonction de détection de défaut à la terre	538
T.2	Termes et définitions	538
T.3	Classification des relais électroniques de surcharge	539
T.4	Types de relais avec fonction de détection de défaut à la terre	539
T.5	Exigences relatives aux performances	539
T.5.1	Limites de fonctionnement des relais électroniques de surcharge de défaut à la terre	539
T.5.2	Limites de fonctionnement des relais électroniques à détection de courant de défaut à la terre de type CII(-A et -B)	540
T.5.3	Limites de fonctionnement des relais à déséquilibre de tension	540
T.5.4	Limites de fonctionnement des relais à inversion de phase	540
T.5.5	Limites de fonctionnement des relais à déséquilibre de courant	540
T.5.6	Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à maximum de tension	541
T.6	Essais.....	541
T.6.1	Limites de fonctionnement des relais électroniques à détection de courant de défaut à la terre de types CI et CII (-A et -B)	541

T.6.2	Vérification de la fonction d'inhibition des relais électroniques à détection de courant de défaut à la terre de type CII (-A et -B)	541
T.6.3	Relais à déséquilibre de courant.....	542
T.6.4	Relais à déséquilibre de tension	542
T.6.5	Relais à inversion de phase.....	542
T.6.6	Relais à maximum de tension	542
T.7	Essais individuels de série et essais et sur prélèvement	542
Annexe U (informative) Exemples de configurations de circuit de commande.....		544
U.1	Appareil externe de commande.....	544
U.1.1	Définition	544
U.1.2	Représentation schématique d'un appareil externe de commande	544
U.1.3	Paramètres d'un appareil externe de commande	544
U.2	Configurations de circuit de commande.....	545
U.2.1	Matériel avec alimentation de commande externe.....	545
U.2.2	Matériel avec plusieurs alimentations de commande externes	545
U.2.3	Matériel communiquant par bus (pouvant être combiné avec d'autres configurations de circuit).....	546
Annexe V (informative) Management de l'énergie avec l'appareillage pour l'efficacité énergétique électrique		547
V.1	Généralités	547
V.2	Objet.....	547
V.3	Termes et définitions	547
V.4	Efficacité énergétique électrique et sécurité.....	548
V.5	Principes de l'efficacité énergétique électrique (approche systémique)	548
V.5.1	Généralités.....	548
V.5.2	Stratégie de management de l'énergie.....	548
V.5.3	Management de l'énergie avec automatisation et commande.....	548
V.6	Application de l'efficacité énergétique	549
V.6.1	Economie sur les pertes dans les semiconducteurs	549
V.6.2	Correction du facteur de puissance.....	549
V.6.3	Délestage.....	549
V.6.4	Commande de moteur des applications à vitesse fixe	549
Annexe W (normative) Procédure de déclaration de matière		551
W.1	Généralités	551
W.2	Objet.....	551
W.3	Document de référence.....	551
W.4	Termes et définitions	551
W.5	Exigences relatives à la déclaration de matière.....	552
W.5.1	Exigences de déclaration générales	552
W.5.2	Exigences de déclaration supplémentaires	553
W.6	Exemple de déclaration de matière établie conformément à W.5.....	553
Annexe X (normative) Coordination entre un disjoncteur ou un ACP et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits, associés dans le même circuit		561
X.1	Généralités	561
X.2	Objet.....	562
X.3	Exigences générales relatives à la coordination d'un disjoncteur ou d'un ACP avec un autre DPCC	562
X.3.1	Considérations générales	562
X.3.2	Courant d'intersection (I_B).....	562

X.3.3	Comportement de C_1 en association avec un autre DPCC.....	562
X.4	Type et caractéristiques du DPCC associé.....	562
X.5	Vérification de la sélectivité	563
X.5.1	Généralités	563
X.5.2	Examen de la sélectivité par étude préliminaire	563
X.5.3	Sélectivité déterminée par essai	565
X.6	Vérification de la protection d'accompagnement	565
X.6.1	Détermination du courant d'intersection	565
X.6.2	Vérification de la protection d'accompagnement	565
X.6.3	Essais pour la vérification de la protection d'accompagnement.....	566
X.6.4	Résultats à obtenir	567
	Bibliographie.....	573
	Figure 1 – Matériel d'essai pour l'essai de flexion (voir 9.2.5.3 et Tableau 5).....	418
	Figure 2 – Gabarits de forme A et de forme B (voir 9.2.5.5.2 et Tableau 7).....	418
	Figure 3 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.3.5.2)	419
	Figure 4 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.3.5.2)	420
	Figure 5 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel tripolaire (voir 9.3.3.5.2)	421
	Figure 6 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel tétrapolaire (voir 9.3.3.5.2)	422
	Figure 7 – Représentation schématique de la tension de rétablissement entre les contacts de la première phase qui coupe dans des conditions idéales (voir 9.3.3.5.2, point e))	423
	Figure 8 – Schéma d'une méthode de réglage du circuit de charge.....	424
	Figure 9 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.4.1.2)	425
	Figure 10 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.4.1.2)	426
	Figure 11 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel tripolaire (voir 9.3.4.1.2)	427
	Figure 12 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel tétrapolaire (voir 9.3.4.1.2)	428
	Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'un essai de fermeture ou de coupure en court-circuit dans le cas d'un matériel unipolaire en courant monophasé (voir 9.3.4.1.8).....	429
	Figure 14 – Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit en courant continu (voir 9.3.4.1.8)	430
	Figure 15 – Détermination du courant coupé présumé dans le cas où le premier étalonnage du circuit d'essai a été effectué à un courant inférieur au pouvoir assigné de coupure (voir 9.3.4.1.8, point b))	431
	Figure 16 – Force d'essai sur l'organe de commande (voir 9.2.6.2.1 et Tableau 17)	432
	Figure D.1 – Organe de serrage dans un dispositif de connexion.....	444
	Figure D.2 – Organes à serrage sous tête de vis	445
	Figure D.3 – Organes de serrage à trou	446

Figure D.4 – Organes de serrage à goujon fileté	447
Figure D.5 – Organes de serrage à plaquette.....	448
Figure D.6 – Organes de serrage pour cosses et barres	449
Figure D.7 – Organes de serrage à capot taraudé.....	450
Figure D.8 – Organes de serrage sans vis (représentations isométriques)	451
Figure E.1 – Détermination de la valeur réelle du facteur γ	453
Figure G.1 – Mesurage des nervures	457
Figure G.2 – Ligne de fuite entre les isolants fixe et mobile des supports des contacts	457
Figure G.3 – Exemple 1	458
Figure G.4 – Exemple 2	458
Figure G.5 – Exemple 3	458
Figure G.6 – Exemple 4	459
Figure G.7 – Exemple 5	459
Figure G.8 – Exemple 6	459
Figure G.9 – Exemple 7	460
Figure G.10 – Exemple 8	460
Figure G.11 – Exemple 9	461
Figure G.12 – Exemple 10	461
Figure G.13 – Exemple 11	462
Figure K.1 – Tracé de la régression de rang médian Weibull.....	476
Figure M.1 – Montage pour l'essai d'inflammation au fil chauffant.....	488
Figure M.2 – Circuit pour essai d'inflammation à l'arc	490
Figure N.1 – Exemple d'application avec un composant connecté entre des circuits séparés.....	496
Figure O.1 – Relation conceptuelle entre les dispositions dans les normes de produits et les impacts environnementaux associés au produit pendant son cycle de vie.....	502
Figure O.2 – Vue d'ensemble du processus d'écoconception	503
Figure P.1 – Dimensions.....	507
Figure R.1 – Mécanisme de manœuvre en dehors de l'enveloppe.....	516
Figure R.2 – Application de la feuille métallique sur les surfaces de manœuvre autour de l'organe de commande de l'interrupteur	517
Figure R.3 – Exemple d'emplacement de protection du doigt pour les parties actives dangereuses à proximité d'un bouton-poussoir	518
Figure R.4 – Exemple I d'application de la feuille métallique	518
Figure R.5 – Exemple II d'application de la feuille métallique	519
Figure R.6 – Exemple III d'application de la feuille métallique	519
Figure R.7 – Application de la feuille métallique sur les trous et rainures	520
Figure R.8 – Espace de manœuvre pour la commande par un dispositif rotatif.....	521
Figure S.1 – Paramètres d'E/S.....	524
Figure S.2 – Domaines de fonctionnement $U-I$ des entrées à absorption de courant	525
Figure S.3 – Forme d'onde de surcharge temporaire pour les sorties alternatives numériques.....	529
Figure S.4 – Forme d'onde de surcharge temporaire pour les sorties continues numériques.....	532

Figure T.1 – Circuit d'essai pour la vérification de la caractéristique de fonctionnement d'un relais électronique à détection de courant de défaut à la terre	543
Figure U.1 – Représentation schématique d'un appareil externe de commande	544
Figure U.2 – Entrée unique d'alimentation et de commande	545
Figure U.3 – Entrées d'alimentation et de commande séparées	545
Figure U.4 – Matériel avec plusieurs alimentations de commande externes	545
Figure U.5 – Matériel communiquant par bus	546
Figure W.1 – Exemple d'informations présentes dans les sections Main et BusinessInfo, sous forme de représentation graphique du code XML	555
Figure W.2 – Exemple d'informations sur le produit, sous forme de représentation graphique du code XML	557
Figure W.3 – Exemple d'informations sur les substances déclarables, sous forme de représentation graphique du code XML	558
Figure W.4 – Exemple d'informations sur les classes de matières, sous forme de représentation graphique du code XML	560
Figure X.1 – Coordination entre un disjoncteur ou un ACP et un fusible en conditions de surintensité, ou protection d'accompagnement assurée par un fusible: caractéristiques de fonctionnement	568
Figure X.2 – Sélectivité totale entre deux disjoncteurs ou un disjoncteur et un ACP	569
Figure X.3 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur ou un ACP – Caractéristiques de fonctionnement	570
Figure X.4 – Exemple de circuit d'essai pour les essais de pouvoir de coupure conditionnel en court-circuit représentant la connexion des câbles pour un disjoncteur ou un ACP tripolaire (C ₁)	571
Figure X.5 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification de la sélectivité	572
Tableau 1 – Sections nominales des conducteurs ronds en cuivre et relation approximative entre les dimensions en mm ² et les dimensions dans le système AWG/kcmil (voir 8.1.8.2)	403
Tableau 2 – Limites d'échauffement des bornes (voir 8.2.2.2 et 9.3.3.3.4)	404
Tableau 3 – Limites d'échauffement des parties accessibles (voir 8.2.2.3 et 9.3.3.3.4)	404
Tableau 4 – Couples de serrage pour la vérification de la résistance mécanique des bornes à vis (voir 9.2.5.2 et 9.3.2.1)	405
Tableau 5 – Valeurs d'essai pour les essais de flexion et de traction des conducteurs ronds en cuivre (voir 9.2.5.4.1)	406
Tableau 6 – Valeurs d'essai pour l'essai de traction des conducteurs plats en cuivre (voir 9.2.5.4.2)	407
Tableau 7 – Sections maximales des conducteurs et gabarits correspondants (voir 9.2.5.5.1)	407
Tableau 8 – Relation entre la section et le diamètre du conducteur	408
Tableau 9 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants d'essai inférieurs ou égaux à 400 A (voir 9.3.3.3.4)	409
Tableau 10 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 800 A (voir 9.3.3.3.4)	410
Tableau 11 – Barres d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 3 150 A (voir 9.3.3.3.4)	410
Tableau 12 – Tensions d'essai de tenue aux chocs	411
Tableau 13 – Distances minimales d'isolement dans l'air	411

Tableau 14 – Tensions d'essai à travers les contacts ouverts des matériels aptes au sectionnement	412
Tableau 15 – Lignes de fuite minimales	412
Tableau 16 – Valeurs des facteurs de puissance et des constantes de temps correspondant aux courants d'essai et rapport n entre la valeur de crête et la valeur efficace du courant (voir 9.3.4.3, point a)).....	413
Tableau 17 – Force d'essai sur l'organe de commande (voir 9.2.6.2.1)	414
Tableau 18 – Tolérances sur les grandeurs d'essai (voir 9.3.4.3, point a))	414
Tableau 19 – Tension d'essai diélectrique en fonction de la tension assignée d'isolement	414
Tableau 20 – Valeurs d'essai de traction sur les conduits (voir 9.2.8.2)	415
Tableau 21 – Valeurs d'essai de flexion sur les conduits (voir 9.2.8.3).....	415
Tableau 22 – Valeurs d'essai de torsion sur les conduits (voir 9.2.8.2 et 9.2.8.4).....	415
Tableau 23 – Essais pour la CEM – Immunité (voir 9.4.1)	416
Tableau 24 – Critères d'acceptation en présence de perturbations électromagnétiques	417
Tableau 25 – Section du conducteur de protection en cuivre.....	417
Tableau A.1 – Catégories d'emploi utilisées dans la série IEC 60947	433
Tableau C.1 – Codes IP (1 de 3).....	441
Tableau G.1 – Largeurs minimales des rainures	456
Tableau H.1 – Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel, en cas de protection contre les surtensions par des parafoudres conformes à l'IEC 60099-1	464
Tableau K.1 – Modes de défaillance des dispositifs	470
Tableau K.2 – Exemple de 15 durées de fonctionnement avant défaillance des contacteurs triés dans l'ordre croissant	474
Tableau K.3 – Exemple de calcul de rang médian	475
Tableau M.1 – Caractéristiques HWI et AI pour les matériaux nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant.....	491
Tableau M.2 – Caractéristiques HWI et AI pour les matériaux autres que ceux couverts par le Tableau M.1	491
Tableau P.1 – Exemples de cosses d'extrémité pour l'appareillage à basse tension raccordé à des conducteurs en cuivre	507
Tableau Q.1 – Séquences d'essais (1 de 4)	510
Tableau S.1 – Valeurs assignées et plages de fonctionnement de l'alimentation entrante	523
Tableau S.2 – Plages de fonctionnement normalisées pour les entrées numériques (absorption de courant) (1 de 2).....	526
Tableau S.3 – Valeurs assignées et plages de fonctionnement des sorties alternatives numériques à émission de courant.....	528
Tableau S.4 – Valeurs assignées et plages de fonctionnement (courant continu) pour les sorties continues numériques à émission de courant	531
Tableau S.5 – Essais de surcharge et de courts-circuits pour sorties numériques	534
Tableau T.1 – Temps de déclenchement des relais électroniques de surcharge de défaut à la terre	540
Tableau W.1 – Exemple d'informations présentes dans les sections Main et BusinessInfo, au format tabulaire	554
Tableau W.2 – Exemple d'informations sur le produit, au format tabulaire.....	556

Tableau W.3 – Exemple d'informations sur les substances déclarables, au format tabulaire	557
Tableau W.4 – Exemple d'informations sur les classes de matières, au format tabulaire	559

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Règles générales

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60947-1 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension.

Cette sixième édition annule et remplace la cinquième édition parue en 2007, l'Amendement 1:2010 et l'Amendement 2:2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- amélioration des essais relatifs aux valeurs en courant continu,
- mise à jour des essais de CEM,
- suppression de l'Annexe B,

- mise à jour des exigences des essais d'environnement (Tableau Q.1),
- amélioration de l'Annexe R (nouveaux exemples),
- suppression du type d'entrée numérique 2 et insertion du type 3 dans l'Annexe S,
- insertion d'un exemple de déclaration de matière dans l'Annexe W,
- création d'une nouvelle Annexe X (coordination des dispositifs de protection contre les courts-circuits associés dans un même circuit).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
121A/337/FDIS	121A/344/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, sous le titre général *Appareillages à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après:

5.3.6.4 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_q , en variante I_{cc}) (Amérique du Nord)

6.2 Marquage (Etats-Unis et Canada)

8.1.3 Parties transportant le courant et leurs connexions (Etats-Unis)

8.1.7.1 Exigences supplémentaires relatives à la construction (Etats-Unis)

8.1.10.1 (Amérique du Nord)

9.2.6.2.2 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure (Etats-Unis)

9.2.6.2.3 Manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (Canada et Etats-Unis)

Figure 4 (Etats-Unis et Canada)

Figure 5 (Etats-Unis et Canada)

Figure 10 (Etats-Unis et Canada)

Figure 11 (Etats-Unis et Canada)

Figure X.4 (Etats-Unis et Canada)

Figure X.5 (Etats-Unis et Canada)

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

INTRODUCTION

Le présent document a pour objectif d'harmoniser dans toute la mesure du possible l'ensemble des règles et des exigences de caractère général applicables à l'appareillage à basse tension, de manière à uniformiser les exigences et les essais visant la gamme complète des matériels correspondants et à éviter d'avoir à effectuer des essais suivant des normes différentes.

Toutes les parties des diverses normes de matériel pouvant être considérées comme générales ont donc été réunies dans le présent document, ainsi que des sujets spécifiques de large intérêt et d'application étendue, tels que les échauffements, les propriétés diélectriques, etc.

Il ne faut donc que deux documents principaux pour déterminer toutes les exigences et tous les essais relatifs à chaque type d'appareillage à basse tension:

- 1) le présent document, désigné par l'appellation "Partie 1" ou "IEC 60947-1" dans les normes spécifiques des différents types d'appareillages à basse tension;
- 2) la norme particulière du matériel considéré, ci-après désignée par l'appellation "norme de produit correspondante" ou "norme de produit de cette série".

Pour qu'une règle générale s'applique à une norme de produit spécifique, cette dernière y fera explicitement référence en mentionnant le numéro de l'article ou du paragraphe correspondant du présent document, suivi de l'expression "de l'IEC 60947-1", par exemple, "7.2.3 de l'IEC 60947-1:20xx".

Une norme de produit spécifique ne s'écartera des règles générales qu'en cas de justification technique précise.

NOTE Toutes les références à des "normes de produits" dans le présent document désignent des "normes de produits de la série IEC 60947".

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

Lorsque la norme de produit correspondante l'exige, le présent document s'applique à l'appareillage basse tension ci-après désigné comme le "matériel" ou le "dispositif", et destiné à être relié à des circuits dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif, ou 1 500 V en courant continu.

Le présent document a pour objet de fixer les règles générales et exigences de sécurité communes des appareillages basse tension, y compris:

- les définitions,
- les caractéristiques,
- les informations fournies avec le matériel,
- les conditions normales de service, de montage, de transport, de mise hors service et de démontage,
- les exigences relatives à la construction et au fonctionnement,
- la vérification des caractéristiques et du fonctionnement,
- les aspects liés à l'efficacité énergétique (voir Annexe V),
- les aspects environnementaux.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux ensembles d'appareillage à basse tension qui sont traités dans la série IEC 61439, suivant le cas;
- aux bornes destinées au raccordement de conducteurs en aluminium;

NOTE Les bornes pour conducteurs en aluminium sont à l'étude pour la prochaine révision.

- à une utilisation dans des atmosphères explosives (voir la série IEC 60079);
- aux exigences relatives aux logiciels et micrologiciels pour les applications de sécurité fonctionnelle (voir IEC 61508-3);
- aux aspects liés à la cybersécurité (voir la série IEC 62443).

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-1:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-52:1996, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*¹

IEC 60068-2-78:2012, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60073:2002, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande*

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60092-504:2016, *Installations électriques à bord des navires – Partie 504: Automatisation, commande et instrumentation*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

IEC 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60269-1:2006/AMD1:2009

IEC 60269-1:2006/AMD2:2014

IEC 60300-3-5:2001, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques*

IEC TR 60344:2007, *Calculation of d.c. resistance of plain and coated copper conductors of low-frequency cables and wires – Application guide* (disponible en anglais seulement)

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible sous <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60445:2017, *Principes fondamentaux et de sécurité pour les interfaces hommes-machines, le marquage et l'identification – Identification des bornes de matériels, des extrémités de conducteurs et des conducteurs*

IEC 60447:2004, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de manœuvre*

¹ Deuxième édition (1996). Cette 2^{ème} édition a été remplacée en 2017 par une 3^{ème} édition IEC 60068-2-52:2017, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*.

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible sous <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60695-2-10:2013, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-11:2014, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60695-2-12, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-12: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'indice d'inflammabilité au fil incandescent (GWF1) pour matériaux*

IEC 60695-11-10:2013, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*

IEC 60947-2:2016, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*
IEC 60947-2:2016/AMD1:2019

IEC 60947-4-2, *Appareillage à basse tension – Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif*

IEC 60947-5 (toutes les parties), *Appareillage à basse tension – Partie 5: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande*

IEC 60947-5-1, *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande*

IEC 60947-8, *Appareillage à basse tension – Partie 8: Unités de commande pour la protection thermique incorporée (CTP) aux machines électriques tournantes*

IEC 60981:2019, *Extra heavy-duty electrical rigid steel conduits*

IEC 60999-1:1999, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

IEC 60999-2:2003, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 2: Prescriptions particulières pour les organes de serrage pour conducteurs au-dessus de 35 mm² et jusqu'à 300 mm² (inclus)*

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

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

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

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *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*

IEC 61000-4-34, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-34: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour matériel ayant un courant appelé de plus de 16 A par phase*

IEC 61000-6-2:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-5: Normes génériques – Immunité pour les équipements utilisés dans les environnements de centrales électriques et de postes*

IEC 61131-2:2017, *Mesurage et contrôle des processus industriels – Automates programmables – Partie 2: Exigences et essais des équipements*

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

IEC 61180:2016, *Techniques des essais à haute tension pour matériel à basse tension – Définitions, exigences relatives aux essais, matériel d'essai*

IEC 61439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 61557-2, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension au plus égale à 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 2: Résistance d'isolement*

IEC 61649:2008, *Analyse de Weibull*

IEC 62061:2005, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 62061:2005/AMD1:2012

IEC 62061:2005/AMD2:2015

IEC 62474:2018, *Déclaration de matière pour des produits de et pour l'industrie électrotechnique*

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

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

ISO 3864-2, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 2: Principes de conception pour l'étiquetage de sécurité des produits*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Symboles enregistrés* (disponible sous <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 13849-1:2015, *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux de conception*

3 Termes, définitions, symboles et paragraphes de référence

3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.2 Index alphabétique des définitions

Références

A

Absorption de courant	S.2.3
Accès	3.9.1
Accès de puissance (accès d'alimentation de commande)	3.9.3
Accès de signaux	3.9.2
Ame rigide	3.5.31
Ame souple	3.5.32
Analyse du cycle de vie (ACV)	O.3.9
Appareil de connexion	3.4.1
Appareil de connexion à semiconducteur	3.4.3
Appareil de connexion de commande et de protection	3.4.24
Appareil externe de commande	U.1.1.1
Appareil mécanique de connexion	3.4.2
Appareil mécanique de connexion à déclenchement libre	3.6.24
Appareil pour circuit de commande	3.4.16
Appareillage	3.3.1
Appareillage de commande	3.3.3
Appareillage de connexion	3.3.2
Approche du cycle de vie (LCT)	O.3.11
Aptitude au recyclage	O.3.18
Aspect environnemental	O.3.3
Auxiliaire automatique de commande	3.4.18
Auxiliaire de commande (pour circuits auxiliaires de commande)	3.4.17

B

Barrière de coordination de l'isolement	3.3.23
Bloc de jonction	3.4.20
Borne	3.5.23
Borne à vis	3.5.24

Borne non universelle	3.5.25.2
Borne pousse-fil	3.5.25.3
Borne sans vis	3.5.25
Borne universelle	3.5.25.1
Bouton-poussoir	3.4.19

C

Caractéristique de courant coupé limité	3.7.21
Caractéristique de courant de coupure	3.7.21
Caractéristique temps-courant	3.7.20
Caractéristiques assignées	3.7.4
Catégorie d'emploi (pour un appareil de connexion ou un fusible)	3.3.18
Catégorie de produit	O.3.15
Catégorie de surtension (d'un circuit ou dans un réseau)	3.7.59
Censure	K.2.1.5
Champ homogène	3.7.61
Champ non homogène	3.7.62
Charge	V.3.5
Cheminement	3.7.63
Choc électrique	3.3.20
Circuit auxiliaire (d'un appareil de connexion)	3.5.4
Circuit de commande (d'un appareil de connexion)	3.5.3
Circuit principal (d'un appareil de connexion)	3.5.2
Circuit TBTP	N.2.8
Circuit TBTS	N.2.7
Classe de matières	W.4.4
Combiné-fusibles	3.4.7
Commande à distance (télécommande)	3.6.7
Commande automatique	3.6.5
Commande directe	3.6.6
Commande manuelle	3.6.4
Conception et développement	O.3.1
Conducteur de ligne	3.3.26
Conducteur de point milieu	3.3.27
Conducteur de protection	3.3.14
Conducteur massif	3.5.29
Conducteur toronné	3.5.30
Conducteur neutre	3.3.15
Conducteur non préparé	3.5.27
Conducteur PEL	3.3.30
Conducteur PEM	3.3.28
Conducteur PEN	3.3.29
Conducteur préparé	3.5.28
Contact (d'un appareil mécanique de connexion)	3.5.5
Contact "a"	3.5.12
Contact "b"	3.5.13
Contact à fermeture	3.5.12
Contact à ouverture	3.5.13
Contact auxiliaire	3.5.10
Contact d'arc	3.5.8
Contact de commande	3.5.9
Contact principal	3.5.7
Contacteur (mécanique)	3.4.12
Contacteur à semiconducteur (contacteur statique)	3.4.13
Contacteur auxiliaire	3.4.14
Coordination de l'isolement	3.7.60
Coordination pour la protection contre les surintensités des dispositifs de protection à maximum de courant	3.7.22
Coupe-circuit à fusibles (fusible)	3.4.4
Courant conventionnel de déclenchement (d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant)	3.7.31

Courant conventionnel de non-déclenchement (d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant)	3.7.30
Courant coupé (d'un appareil de connexion ou d'un fusible)	3.7.11
Courant de coupure	3.7.19
Courant coupé limité	3.7.19
Courant coupé présumé (pour un pôle d'un appareil de connexion ou un fusible)	3.7.10
Courant critique de charge	3.7.16
Courant critique de court-circuit	3.7.17
Courant d'emploi (d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant)	3.6.37
Courant d'inhibition	T.2.5
Courant d'intersection	3.7.25
Courant de court-circuit	3.3.6
Courant de court-circuit conditionnel (d'un circuit ou d'un appareil de connexion)	3.7.29
Courant de courte durée admissible	3.7.27
Courant de fuite	3.7.50
Courant de réglage (d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant ou de surcharge)	3.6.38
Courant de surcharge	3.3.8
Courant établi présumé (pour un pôle d'un appareil de connexion)	3.7.9
Courant limite de sélectivité (I_s)	3.7.68
Courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)	3.7.5
Courant symétrique présumé (d'un circuit à courant alternatif)	3.7.7
Course (pour un appareil mécanique de connexion ou une partie de celui-ci)	3.6.19
Court-circuit	3.3.5
Cycle de manœuvres (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.2
Cycle de vie	O.3.8

D

Déclaration de matière	W.4.5
Déclenchement (manœuvre de)	3.6.23
Déclencheur (d'un appareil mécanique de connexion)	3.5.15
Déclencheur shunt	3.6.34
Degré de pollution (des conditions d'environnement)	3.7.57
Délestage (de consommation)	V.3.7
Démarreur	3.4.15
Disjoncteur	3.4.11
Dispositif d'antipompage	3.5.20
Dispositif de connexion	3.5.22
Dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC)	3.4.21
Dispositif de verrouillage	3.5.21
Distance d'isolement	3.7.46
Distance d'isolement à la terre	3.7.48
Distance d'isolement entre contacts ouverts	3.7.49
Distance d'isolement entre pôles	3.7.47
Distance de sectionnement (d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion)	3.3.24
Domaine de courants de réglage (d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant ou de surcharge)	3.6.39
Double isolation	N.2.4
Durée d'arc (d'un appareil de connexion multipolaire)	3.7.41
Durée d'arc (d'un pôle ou d'un fusible)	3.7.40
Durée d'établissement	3.7.43
Durée d'établissement-coupure	3.7.45
Durée d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.7.39
Durée de coupure	3.7.42
Durée de fermeture	3.7.44
Durée de fonctionnement avant défaillance	K.2.1.8
Durée de vie globale	K.2.1.4
Durée de vie utile	K.2.1.2

E

Eco-conception (ECD)	O.3.6
Ecrêtage de pointe	V.3.6
Efficacité énergétique	V.3.4
Efficacité énergétique électrique	V.3.3
Effort de commande	3.6.17
Effort de rappel	3.6.18
Electroaimant commandé électroniquement	3.5.36
Elément conducteur étranger	3.3.12
Elément de remplacement	3.4.5
Elément fusible	3.4.6
Emission de courant	S.2.4
Energie coupée limitée	3.7.18
Entité suspendue	K.2.1.6
Entrée numérique	S.2.1
Enveloppe	3.3.16
Enveloppe individuelle	3.4.23
Enveloppe intégrée	3.3.17
Environnement	O.3.2
Essai (de série) sur prélèvement	3.8.3
Essai de type	3.8.1
Essai individuel de série	3.8.2
Essai spécial	3.8.4

F

Fabricant	3.3.21
Fiabilité	K.2.1.1
Fin de vie (EOL)	O.3.19

G

Groupe de substances déclarable	W.4.2

I

I^2t	3.7.18
Impact environnemental	O.3.4
Impédance de protection	N.2.10
Indicateur de position	3.5.18
Indice de résistance au cheminement	3.7.64
Intégrale de Joule	3.7.18
Interrupteur (mécanique)	3.4.9
Interrupteur auxiliaire (d'un appareil mécanique de connexion)	3.5.11
Interrupteur-sectionneur	3.4.10
Isolation fonctionnelle	N.2.1
Isolation principale	N.2.2
Isolation renforcée	N.2.5
Isolation solide	3.3.22
Isolation supplémentaire	N.2.3

L

Ligne de fuite	3.7.51

M

Maintenance	3.3.31
Management de l'énergie	V.3.1
Manœuvre (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.1
Manœuvre à accumulation d'énergie (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.14
Manœuvre d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.9
Manœuvre de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.8
Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.13

Manœuvre dépendante manuelle (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.12
Manœuvre effectuée positivement	3.6.11
Manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (d'un appareil	
mécanique de connexion)	3.6.16
Manœuvre indépendante manuelle (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.15
Manœuvre positive d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.10
Matériau homogène	W.4.3
Mécanisme transmetteur (d'un appareil mécanique de connexion)	3.5.16
Microenvironnement (d'une distance d'isolement ou d'une ligne de fuite)	3.7.58

O

Organe de commande	3.5.17
Organe de serrage	3.5.26
Organe de serrage non universel	3.5.26.2
Organe de serrage universel	3.5.26.1
Organisme	O.3.12
Outil d'écoconception	O.3.7

P

Parafoudre	3.4.22
Paramètre environnemental	O.3.5
Partie active	3.3.13
Partie conductrice	3.3.10
Partie conductrice accessible (masse)	3.3.11
Partie prenante	O.3.16
Partie transportant le courant	3.5.37
Période de taux de défaillance constant	K.2.1.3
Phase du cycle de vie	O.3.10
(Pièce de) contact	3.5.6
Pôle d'un appareil de connexion	3.5.1
Pollution	3.7.56
Position d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.21
Position de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.20
Position déclenchée	3.6.22
Pouvoir de coupure (d'un appareil de connexion ou d'un fusible)	3.7.12
Pouvoir de coupure en court-circuit	3.7.14
Pouvoir de fermeture (d'un appareil de connexion)	3.7.13
Pouvoir de fermeture en court-circuit	3.7.15
Processus	O.3.13
Produit	O.3.14
Protection d'accompagnement	3.7.24
Protection par limitation du courant permanent et de la charge électrique	N.2.9

R

Récupération d'énergie	O.3.20
Recyclage	O.3.17
Relais (électrique)	3.5.14
Relais électronique de surcharge avec fonction d'inversion de phase	T.2.3
Relais électronique de surcharge avec fonction de déséquilibre de courant ou de tension	T.2.2
Relais électronique de surcharge avec fonction de détection de défaut à la terre	T.2.1
Relais électronique de surcharge avec fonction de maximum de tension	T.2.4
Relais électronique de surcharge avec fonction de minimum de puissance	T.2.6
Relais ou déclencheur à maximum de courant	3.6.26
Relais ou déclencheur à maximum de courant à retard indépendant	3.6.27
Relais ou déclencheur à maximum de courant à temps inverse	3.6.28
Relais ou déclencheur à minimum de tension	3.6.35
Relais ou déclencheur à retour de courant (en courant continu seulement)	3.6.36
Relais ou déclencheur de surcharge	3.6.31
Relais ou déclencheur direct à maximum de courant	3.6.29
Relais ou déclencheur indirect à maximum de courant	3.6.30

Relais ou déclencheur instantané	3.6.25
Relais ou déclencheur magnétique de surcharge	3.6.33
Relais ou déclencheur thermique de surcharge	3.6.32
Retard de courte durée	3.7.26

S

Section maximale	3.5.35
Section minimale	3.5.34
Sectionnement	3.3.19
Sectionneur	3.4.8
Sélectivité	3.7.22
Sélectivité lors d'une surintensité	3.7.23.1
Sélectivité partielle lors d'une surintensité	3.7.23.3
Sélectivité totale lors d'une surintensité	3.7.23.2
Séparation de protection (électrique)	3.3.25
Séquence de manœuvres (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.3
Sortie numérique	S.2.2
Substance déclarable	W.4.1
Surcharge	3.3.7
Surintensité	3.3.4
Sur tension temporaire	3.7.53
Système de contact à points multiples	3.5.33
Système de management de l'énergie (SME)	V.3.2

T

Température de l'air ambiant	3.3.9
Tension appliquée (pour un appareil de connexion)	3.7.32
Tension assignée d'alimentation du circuit de commande (U_s)	3.7.66
Tension assignée du circuit de commande (U_c)	3.7.65
Tension d'arc (d'un appareil mécanique de connexion) (en valeur de crête)	3.7.38
Tension de rétablissement	3.7.33
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	3.7.35
Tension de rétablissement en courant continu en régime établi	3.7.36
Tension de service	3.7.52
Tension de tenue à fréquence industrielle	3.7.55
Tension de tenue aux chocs	3.7.54
Tension de tenue en continu	3.7.67
Tension transitoire de rétablissement	3.7.34
Tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)	3.7.37
Très basse tension (TBT)	N.2.6

U

Utilisation en courant sans établissement-coupure	K.2.1.7

V

Valeur assignée	3.7.3
Valeur de crête du courant admissible	3.7.28
Valeur de crête du courant présumé	3.7.6
Valeur limite	3.7.2
Valeur maximale de crête du courant présumé (d'un circuit à courant alternatif)	3.7.8
Valeur nominale (valeur de dénomination)	3.7.1
Voyant lumineux	3.5.19

3.3 Termes et définitions généraux

3.3.1

appareillage

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés ainsi

qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondantes

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-01]

3.3.2

appareillage de connexion

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés en principe à être utilisés dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-02]

3.3.3

appareillage de commande

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés en principe à la commande des appareils utilisateurs d'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-03]

3.3.4

surintensité

courant supérieur au courant assigné

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-06]

3.3.5

court-circuit

chemin conducteur accidentel ou intentionnel entre deux ou plusieurs parties conductrices forçant les différences de potentiel électriques entre ces parties conductrices à être nulles ou proches de zéro

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-11]

3.3.6

courant de court-circuit

surintensité résultant d'un court-circuit dû à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-07]

3.3.7

surcharge

conditions de fonctionnement d'un circuit électriquement sain, qui provoquent une surintensité

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-08]

3.3.8

courant de surcharge

surintensité se produisant dans un circuit électriquement sain

3.3.9**température de l'air ambiant**

température, déterminée dans des conditions prescrites de l'air qui entoure la totalité de l'appareil de connexion ou du fusible

Note 1 à l'article: Pour des appareils de connexion ou des fusibles installés à l'intérieur d'une enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-13]

3.3.10**partie conductrice**

partie capable de conduire du courant, bien qu'elle ne soit pas nécessairement utilisée pour conduire du courant en service normal

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-09]

3.3.11**partie conductrice accessible****masse**

partie conductrice, susceptible d'être touchée directement, qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut

Note 1 à l'article: Les masses caractéristiques sont les parois des enveloppes, les poignées de commande, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-10]

3.3.12**élément conducteur étranger**

partie conductrice ne faisant pas partie de l'installation électrique et susceptible d'introduire un potentiel électrique, généralement celui d'une terre locale

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-11]

3.3.13**partie active**

partie conductrice destinée à être sous tension en conditions normales, y compris le conducteur de neutre ou un conducteur de point milieu, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modifié – Suppression de "conducteur ou" au début de la définition; remplacement de "en service normal, y compris le conducteur de neutre" par "en conditions normales, y compris le conducteur de neutre ou un conducteur de point milieu".]

3.3.14**conducteur de protection****(identification du conducteur) PE**

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.3.15**conducteur neutre****(identification du conducteur) N**

conducteur relié électriquement au point neutre et pouvant contribuer à la distribution de l'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-06, modifié – Ajout du terme en variante “N (identification)”.]

3.3.16

enveloppe

partie procurant un degré de protection spécifié du matériel contre certaines influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche des parties actives ou de parties mécaniques dangereuses

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-13-01, modifié – Suppression de la référence “d'un ensemble” dans le terme et au début de la définition; remplacement de “l'approche des parties actives ou le contact avec elles ou contre le contact avec des pièces en mouvement” par “l'approche des parties actives ou de parties mécaniques dangereuses”.]

3.3.17

enveloppe intégrée

enveloppe formant une partie intégrée au matériel

3.3.18

catégorie d'emploi

<pour un appareil de connexion ou un fusible> ensemble d'exigences spécifiées relatives aux conditions dans lesquelles l'appareil de connexion ou le fusible doit remplir son office, choisies pour représenter un groupe caractéristique d'applications pratiques

Note 1 à l'article: Les exigences spécifiées peuvent concerner, par exemple, les valeurs des pouvoirs de fermeture, s'il y a lieu, les valeurs des pouvoirs de coupure et d'autres caractéristiques, les circuits associés et les conditions correspondantes d'emploi et de comportement.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-19]

3.3.19

sectionnement

déconnexion d'une installation ou d'une partie de l'installation électrique d'une quelconque source d'énergie électrique, à des fins de sécurité électrique

3.3.20

choc électrique

effet physiologique résultant du passage d'un courant électrique à travers le corps humain ou celui d'un animal

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.3.21

fabricant

pour les besoins du présent document, toute personne, entreprise ou organisation ayant la responsabilité ultime:

- de vérifier la conformité à la norme ou aux normes appropriées;
- de fournir les informations sur le produit selon l'Article 6

Note 1 à l'article: Par exemple, dans le cas de “démarreurs protégés” assemblés conformément aux instructions des fournisseurs de composants, le fabricant sera l'entité qui a entrepris l'assemblage.

3.3.22

isolation solide

matériau isolant solide interposé entre deux parties conductrices

3.3.23**barrière de coordination de l'isolement**

matériau isolant solide qui n'est pas une partie intégrante, visant à augmenter les lignes de fuite et/ou les distances d'isolement

3.3.24**distance de sectionnement**

<d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion> distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux exigences de sécurité concernant les sectionneurs

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-35]

3.3.25**séparation de protection****séparation de protection électrique**

séparation entre deux circuits électriques au moyen:

- d'une double isolation, ou
- d'une isolation principale et d'une protection électrique par écran, ou
- d'une isolation renforcée.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-19]

3.3.26**conducteur de ligne**

conducteur de phase (déconseillé)

conducteur sous tension en service normal et capable de participer au transport ou à la distribution de l'énergie électrique, mais qui n'est ni un conducteur de neutre ni un conducteur de point milieu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-08]

3.3.27**conducteur de point milieu**

conducteur électriquement raccordé au point milieu et capable de participer à la distribution de l'énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-07]

3.3.28**conducteur PEM**

conducteur assurant les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de point milieu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.3.29**conducteur PEN**

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de neutre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.3.30**conducteur PEL**

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de ligne

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

3.3.31

maintenance

combinaison de toutes les actions techniques destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant de fonctionner tel que cela est exigé

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-01, modifié – Suppression du qualificatif “et de gestion” après “les actions techniques”; remplacement de “tel que requis” par “tel que cela est exigé”; suppression de la Note 1 à l'article.]

3.4 Appareils de connexion

3.4.1

appareil de connexion

appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

Note 1 à l'article: Un appareil de connexion peut effectuer l'une de ces manœuvres ou les deux.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-01, modifié – Ajout de la Note 1 à l'article.]

3.4.2

appareil mécanique de connexion

appareil de connexion destiné à fermer et à ouvrir un ou plusieurs circuits électriques au moyen de contacts séparables

Note 1 à l'article: Tout appareil mécanique de connexion peut être désigné en fonction du milieu dans lequel ses contacts s'ouvrent et se ferment, par exemple: air, SF₆, huile.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-02]

3.4.3

appareil de connexion à semiconducteur

appareil de connexion conçu pour établir et/ou interrompre le courant dans un circuit électrique au moyen de la commande de la conductivité d'un semiconducteur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-03, modifié – Ajout de “et/ou interrompre”.]

3.4.4

coupe-circuit à fusibles

fusible

appareil dont la fonction est d'ouvrir par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments conçus et calibrés à cet effet le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

Note 1 à l'article: Le fusible comprend toutes les parties qui constituent l'appareil complet.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-01]

3.4.5

élément de remplacement

partie d'un fusible comprenant le (les) élément(s) fusible(s) et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-09]

3.4.6**élément fusible**

partie de l'élément de remplacement destiné à fondre sous l'action d'un courant dépassant une valeur déterminée pendant une durée déterminée

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-08]

3.4.7**combiné-fusibles**

combinaison en un seul appareil, assemblé par le fabricant ou selon ses instructions, d'un appareil mécanique de connexion et d'un ou plusieurs fusibles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-04, modifié – Suppression de la Note 1 à l'article.]

3.4.8**sectionneur**

appareil mécanique de connexion qui satisfait, en position d'ouverture, aux exigences spécifiées pour le sectionnement

3.4.9**interrupteur****interrupteur mécanique**

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit y compris éventuellement les conditions spécifiées de surcharge en service, ainsi que de supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit

Note 1 à l'article: Un interrupteur peut être capable d'établir des courants de court-circuit mais n'est pas capable de les couper.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-10]

3.4.10**interrupteur-sectionneur**

interrupteur qui, dans sa position d'ouverture, satisfait aux exigences d'isolement spécifiées pour un sectionneur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-12, modifié – Remplacement de "conditions" par "exigences"]

3.4.11**disjoncteur**

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-20]

3.4.12**contacteur****contacteur mécanique**

appareil mécanique de connexion ayant une seule position de repos, commandé autrement qu'à la main, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service

Note 1 à l'article: Les contacteurs peuvent être désignés suivant la façon dont est fourni l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-33, modifié – Mise entre parenthèses du qualificatif “mécanique” dans le terme; suppression du qualificatif “mécanique” après “les contacteurs” dans la Note 1 à l'article.]

3.4.13

contacteur à semiconducteur

contacteur statique

dispositif qui remplit la fonction d'un contacteur en utilisant un appareil de connexion à semiconducteur

Note 1 à l'article: Un contacteur à semiconducteur peut aussi comporter des appareils mécaniques de connexion.

3.4.14

contacteur auxiliaire

contacteur utilisé comme auxiliaire de commande

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-35]

3.4.15

démarrreur

combinaison de tous les moyens de mise sous et hors tension nécessaires pour provoquer le démarrage et l'arrêt d'un moteur tout en assurant une protection appropriée contre les surcharges

Note 1 à l'article: Les démarreurs peuvent être désignés suivant la façon dont est fourni l'effort nécessaire à la fermeture des contacts principaux.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-38]

3.4.16

appareil pour circuit de commande

appareil électrique destiné à la commande, la signalisation, le verrouillage, etc., de l'appareillage

Note 1 à l'article: Les appareils pour circuits de commande peuvent comprendre des appareils associés visés par d'autres normes tels qu'instruments, potentiomètres, relais, pour autant que ces appareils associés soient utilisés aux fins spécifiées ci-dessus.

3.4.17

auxiliaire de commande

<pour circuits auxiliaires de commande> appareil mécanique de connexion dont la fonction est de commander la manœuvre d'un appareillage, y compris la signalisation, le verrouillage électrique, etc.

Note 1 à l'article: Un auxiliaire de commande comporte un ou plusieurs éléments de contact et un mécanisme transmetteur commun.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-46]

3.4.18

auxiliaire automatique de commande

auxiliaire de commande non manuel, actionné à la suite de conditions spécifiées d'une grandeur d'action

Note 1 à l'article: La grandeur d'action peut être la pression, la température, la vitesse, le niveau d'un liquide, le temps écoulé, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-48]

3.4.19**bouton-poussoir**

auxiliaire de commande muni d'un organe de commande destiné à être actionné par l'effort exercé par une partie du corps humain, généralement le doigt ou la paume de la main, et possédant une énergie de rappel accumulée (ressort)

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-53]

3.4.20**bloc de jonction**

partie isolante portant un ou plusieurs ensembles de bornes isolés entre eux, et destinée à être fixée à un support

3.4.21**dispositif de protection contre les courts-circuits****DPCC**

dispositif destiné à protéger un circuit ou des parties d'un circuit contre les courants de court-circuit par l'interruption de ceux-ci

3.4.22**parafoudre**

appareil conçu pour protéger l'appareillage électrique contre les surtensions transitoires élevées et pour limiter la durée et souvent l'amplitude du courant de suite

3.4.23**enveloppe individuelle**

enveloppe dont la conception et les dimensions ne permettent de contenir qu'un seul matériel

3.4.24**appareil de connexion de commande et de protection****ACP**

appareil mécanique de connexion dont la manœuvre est autre que manuelle, muni ou dénué d'organes de commande manuelle, et en mesure:

- d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales, y compris les conditions spécifiées de surcharge en service;
- d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées, telles que les conditions de court-circuit

3.5 Parties d'appareils de connexion**3.5.1****pôle d'un appareil de connexion**

élément constituant d'un appareil de connexion associé exclusivement à un chemin conducteur électriquement séparé appartenant à son circuit principal, cet élément ne comprenant pas les éléments constituant assurant la fixation et le fonctionnement d'ensemble de tous les pôles

Note 1 à l'article: Un appareil de connexion est appelé unipolaire s'il n'a qu'un pôle. S'il a plus d'un pôle, il peut être appelé multipolaire (bipolaire, tripolaire, etc.) à condition que les pôles soient ou puissent être liés entre eux de façon qu'ils fonctionnent ensemble.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01]

3.5.2**circuit principal**

<d'un appareil de connexion> ensemble de pièces conductrices d'un appareil de connexion insérées dans le circuit qu'il a pour fonction de fermer ou d'ouvrir

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-02]

3.5.3

circuit de commande

<d'un appareil de connexion> ensemble de pièces conductrices d'un appareil de connexion, autres que celles du circuit principal, insérées dans un circuit utilisé pour commander la manœuvre de fermeture ou la manœuvre d'ouverture ou les deux manœuvres de l'appareil

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-03]

3.5.4

circuit auxiliaire

<d'un appareil de connexion> ensemble des pièces conductrices d'un appareil de connexion destinées à être insérées dans un circuit autre que le circuit principal et les circuits de commande de l'appareil

Note 1 à l'article: Certains circuits auxiliaires remplissent des fonctions supplémentaires, telles que la signalisation, le verrouillage, etc., et, à ce titre, ils peuvent faire partie du circuit de commande d'un autre appareil de connexion.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-04]

3.5.5

contact

<d'un appareil mécanique de connexion> pièces conductrices destinées à établir la continuité d'un circuit lorsqu'elles se touchent et qui, par leur mouvement relatif pendant la manœuvre, ouvrent et ferment un circuit ou, dans le cas de contacts pivotants ou glissants, maintiennent la continuité du circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-05]

3.5.6

contact

pièce de contact

une des pièces conductrices formant un contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-06]

3.5.7

contact principal

contact inséré dans le circuit principal d'un appareil mécanique de connexion, prévu pour supporter, dans la position de fermeture, le courant du circuit principal

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-07]

3.5.8

contact d'arc

contact prévu pour que l'arc s'y établisse

Note 1 à l'article: Un contact d'arc peut jouer le rôle de contact principal; il peut être un contact distinct conçu de façon à s'ouvrir après et se fermer avant un autre contact qu'il a pour but de protéger contre les détériorations.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-08]

3.5.9

contact de commande

contact inséré dans un circuit de commande d'un appareil mécanique de connexion et manœuvré mécaniquement par cet appareil

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-09]

3.5.10**contact auxiliaire**

contact inséré dans un circuit auxiliaire et manœuvré mécaniquement par l'appareil de connexion

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-10]

3.5.11**interrupteur auxiliaire**

<d'un appareil mécanique de connexion> interrupteur comprenant un ou plusieurs contacts auxiliaires et/ou de commande, manœuvré mécaniquement par un appareil de connexion

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-11]

3.5.12**contact "a"****contact à fermeture**

contact de commande ou auxiliaire qui est fermé lorsque les contacts principaux de l'appareil mécanique de connexion sont fermés et qui est ouvert lorsque ces contacts sont ouverts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-12]

3.5.13**contact "b"****contact à ouverture**

contact de commande ou auxiliaire qui est ouvert lorsque les contacts principaux de l'appareil mécanique de connexion sont fermés et qui est fermé lorsque ces contacts sont ouverts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-13]

3.5.14**relais****relais électrique**

dispositif destiné à produire des modifications soudaines prédéterminées, dans un ou plusieurs circuits électriques de sortie, lorsque certaines conditions sont remplies dans les circuits électriques d'entrée dont il subit l'action

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-31]

3.5.15**déclencheur**

<d'un appareil mécanique de connexion> dispositif raccordé mécaniquement à un appareil mécanique de connexion dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture ou la fermeture de l'appareil de connexion

Note 1 à l'article: Un déclencheur peut être à manœuvre instantanée, différée, etc. Les différents types de déclencheurs sont définis de 3.6.24 à 3.6.35.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-17, modifié – Ajout de la Note 1 à l'article.]

3.5.16**mécanisme transmetteur**

<d'un appareil mécanique de connexion> ensemble des organes de manœuvre d'un appareil mécanique de connexion qui transmettent l'effort de commande aux pièces de contact

Note 1 à l'article: Les organes de manœuvre d'un mécanisme transmetteur peuvent être mécaniques, électromagnétiques, hydrauliques, pneumatiques, thermiques, etc.

3.5.17

organe de commande

partie du mécanisme transmetteur à laquelle un effort extérieur de manœuvre est appliqué

Note 1 à l'article: L'organe de commande peut prendre la forme d'une poignée, d'un bouton, d'un bouton-poussoir, d'une roulette, d'un plongeur, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-22]

3.5.18

indicateur de position

partie d'un appareil mécanique de connexion qui indique les positions de celui-ci, par exemple: position d'ouverture, position de fermeture, ou, le cas échéant, position de mise à la terre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-25]

3.5.19

voyant lumineux

signal lumineux d'information fonctionnant par allumage ou extinction

3.5.20

dispositif d'antipompage

dispositif qui empêche une refermeture après une manœuvre de fermeture-ouverture pendant toute la durée du maintien de l'ordre de fermeture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-48]

3.5.21

dispositif de verrouillage

dispositif qui subordonne la possibilité de fonctionnement d'un appareil de connexion à la position ou au fonctionnement d'un ou de plusieurs autres éléments de l'équipement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-49]

3.5.22

dispositif de connexion

dispositif pour la connexion électrique d'un (ou de plusieurs) conducteur(s), comprenant une (ou plusieurs) borne(s), soit fixé à une base soit faisant partie intégrante de l'équipement

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.3]

3.5.23

borne

partie conductrice d'un pôle d'un dispositif pour le raccordement électrique à un circuit externe, composée d'un ou plusieurs organe(s) de serrage, isolée si nécessaire

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.2, modifié – Ajout de la mention "d'un dispositif pour le raccordement électrique à un circuit externe".]

3.5.24

borne à vis

borne destinée au raccordement et au débranchement de conducteurs ou à l'interconnexion de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé, directement ou indirectement, au moyen de vis ou d'écrous de toute sorte

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés dans l'Annexe D.

3.5.25**borne sans vis**

borne destinée au raccordement et au débranchement de conducteurs ou à l'interconnexion de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé, directement ou indirectement, au moyen de ressorts, pièces formant coin, excentriques ou coniques, etc.

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés dans l'Annexe D.

3.5.25.1**borne universelle**

borne pour la connexion et la déconnexion de tous les types de conducteurs (conducteurs massifs, conducteurs toronnés et âme souple)

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.1, modifié – Remplacement de “rigides et souples” par “conducteurs massifs, conducteurs toronnés et âme souple”.]

3.5.25.2**borne non universelle**

borne pour la connexion et la déconnexion d'un certain type de conducteurs seulement (par exemple conducteurs massifs seulement ou conducteurs massifs et conducteurs toronnés seulement)]

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.2, modifié – Remplacement de “conducteurs rigides [massifs ou câblés]” par “conducteurs massifs et conducteurs toronnés”]

3.5.25.3**borne pousse-fil**

borne non universelle dans laquelle la connexion est réalisée en introduisant un conducteur massif ou toronné

[SOURCE: IEC 60998-2-2:2002, 3.101.3, modifié – Remplacement de “conducteur rigide (massif ou câblé)” par “conducteur massif ou toronné”.]

3.5.26**organe de serrage**

partie(s) d'une borne nécessaire(s) pour le serrage mécanique et la connexion électrique du (des) conducteur(s), y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.1]

3.5.26.1**organe de serrage universel**

organe de serrage destiné à tous les types de conducteurs

3.5.26.2**organe de serrage non universel**

organe de serrage destiné à certains types de conducteurs uniquement, par exemple:

- organe de serrage pousse-fil pour conducteurs massifs uniquement,
- organe de serrage pousse-fil pour conducteurs massifs et conducteurs toronnés uniquement.

Note 1 à l'article: Sur un organe de serrage pousse-fil, le raccordement est réalisé par simple insertion de conducteurs massifs ou toronnés (voir 8.1.8.1).

3.5.27

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée en vue de son insertion dans une borne

Note 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est arrangée pour qu'il soit dans une borne ou dont les torons sont tressés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

3.5.28

conducteur préparé

conducteur dont les torons sont soudés ou dont l'extrémité est munie d'une cosse, d'un œillet, etc.

3.5.29

conducteur massif

conducteur constitué d'un fil unique

Note 1 à l'article: Le conducteur massif peut être circulaire ou profilé.

Note 2 à l'article: Le conducteur massif est défini comme étant un conducteur de classe 1 dans l'IEC 60228, ou par l'IEC 60344, ou par sa dimension équivalente dans le système AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-06, modifié – Remplacement de "âme" par "conducteur"; ajout de la Note 2 à l'article.]

3.5.30

conducteur toronné

conducteur constitué d'un ensemble de fils, dont certains ou tous sont enroulés en hélice

Note 1 à l'article: Le conducteur toronné est défini comme étant un conducteur de classe 2 dans l'IEC 60228, ou par l'IEC 60344, ou par sa dimension équivalente dans le système AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-36, modifié – Remplacement de "câblé" par "toronné"; ajout de la Note 1 à l'article.]

3.5.31

âme rigide

conducteur massif ou toronné constitué de fils présentant un diamètre tel ou assemblés de façon à ne pas pouvoir être utilisés dans un câble souple

3.5.32

âme souple

conducteur toronné constitué de fils suffisamment fins et assemblés de façon à pouvoir être utilisés dans un câble souple

Note 1 à l'article: L'âme souple est définie comme étant un conducteur de classe 5 ou de classe 6 dans l'IEC 60228, ou par l'IEC 60344, ou par sa dimension équivalente dans le système AWG/kcmil.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-11, modifié – Ajout de la Note 1 à l'article.]

3.5.33

système de contact à points multiples

système de contact comprenant plus d'une coupure par pôle, qui peuvent être commutés en série et/ou en parallèle

3.5.34

section minimale

valeur de la plus petite section de conducteur connectable déclarée par le fabricant comme étant adaptée à la borne

Note 1 à l'article: Le fabricant peut déclarer plusieurs sections minimales en fonction du type de conducteur, par exemple conducteur massif, toronné, à âme souple, avec ou sans fêrûle.

3.5.35

section maximale

valeur de la plus grande section de conducteur connectable déclarée par le fabricant comme étant adaptée à la borne

Note 1 à l'article: Le fabricant peut déclarer plusieurs sections maximales en fonction du type de conducteur, par exemple conducteur massif, toronné, à âme souple, avec ou sans fêrûle.

Note 2 à l'article: Le terme "section assignée" utilisé dans l'IEC 60947-7-1 et l'IEC 60999-2 et le terme "capacité de connexion assignée" d'un organe de serrage utilisé dans l'IEC 60999-1 sont considérés comme équivalents en référence à certaines exigences thermiques, mécaniques et électriques, tels qu'ils sont déclarés par le fabricant et tels qu'ils sont spécifiés dans la norme de produit correspondante.

3.5.36

électroaimant commandé électroniquement

électroaimant dont la bobine est commandée par un circuit comprenant des éléments électroniques actifs

3.5.37

partie transportant le courant

partie conductrice qui transporte le courant électrique dans les conditions normales

Note 1 à l'article: Le conducteur de phase (L), le conducteur neutre (N), le conducteur de point milieu (M), le conducteur PEN, le conducteur PEM et le conducteur PEL correspondent aux parties transportant le courant. Le conducteur de protection (PE) n'est pas une partie transportant le courant.

3.6 Manœuvre des appareils de connexion

3.6.1

manœuvre

<d'un appareil mécanique de connexion> passage d'un ou de plusieurs contacts mobiles d'une position à une position adjacente

Note 1 à l'article: Par exemple, pour un disjoncteur ce pourra être une manœuvre de fermeture ou une manœuvre d'ouverture.

Note 2 à l'article: Si une distinction est nécessaire, on emploiera les mots manœuvre électrique (par exemple: établissement ou coupure) et manœuvre mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-01]

3.6.2

cycle de manœuvres

<d'un appareil mécanique de connexion> suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position en passant par toutes les autres positions, s'il en existe

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02]

3.6.3

séquence de manœuvres

<d'un appareil mécanique de connexion> suite de manœuvres spécifiées effectuées à des intervalles de temps spécifiés

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-03]

3.6.4

commande manuelle

commande d'une manœuvre, effectuée par intervention humaine

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-04]

3.6.5

commande automatique

commande d'une manœuvre, effectuée sans intervention humaine lorsque se produisent des conditions prédéterminées

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-05]

3.6.6

commande directe

commande d'une manœuvre, effectuée à partir d'un point situé sur l'appareil de connexion commandé ou dans le voisinage immédiat de celui-ci

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-06]

3.6.7

commande à distance

télécommande

commande d'une manœuvre, effectuée à partir d'un point éloigné de l'appareil de connexion commandé

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-07]

3.6.8

manœuvre de fermeture

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre par laquelle on fait passer l'appareil de la position d'ouverture à la position de fermeture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-08]

3.6.9

manœuvre d'ouverture

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre par laquelle on fait passer l'appareil de la position de fermeture à la position d'ouverture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-09]

3.6.10

manœuvre positive d'ouverture

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre d'ouverture qui, en conformité avec des exigences spécifiées, donne l'assurance que tous les contacts principaux sont dans la position ouverte lorsque l'organe de commande est dans la position correspondant à la position d'ouverture de l'appareil

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-11, modifié – Remplacement de “prescriptions” par “exigences”]

3.6.11

manœuvre effectuée positivement

manœuvre qui, conformément à des exigences spécifiées, est conçue pour assurer que les contacts auxiliaires d'un appareil mécanique de connexion sont dans des positions correspondant respectivement aux positions d'ouverture et de fermeture des contacts principaux

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-12, modifié – Remplacement de “prescriptions” par “exigences”]

3.6.12**manœuvre dépendante manuelle**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre effectuée exclusivement au moyen d'une énergie manuelle directement appliquée, de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre dépendent de l'action de l'opérateur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-13]

3.6.13**manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre effectuée au moyen d'une énergie autre que manuelle et dont l'achèvement dépend de la continuité de l'alimentation en énergie (de solénoïdes, moteurs électriques ou pneumatiques, etc.)

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-14]

3.6.14**manœuvre à accumulation d'énergie**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre effectuée au moyen d'énergie emmagasinée dans le mécanisme lui-même avant l'achèvement de la manœuvre et suffisante pour achever la manœuvre dans des conditions prédéterminées

Note 1 à l'article: Ce type de manœuvre peut être subdivisé suivant:

- 1) le mode d'accumulation de l'énergie (ressort, poids, etc.);
- 2) la provenance de l'énergie (manuelle, électrique, etc.);
- 3) le mode de libération de l'énergie (manuel, électrique, etc.).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-15]

3.6.15**manœuvre indépendante manuelle**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre à accumulation d'énergie dans laquelle l'énergie provient de l'énergie manuelle accumulée et libérée en une seule manœuvre continue, de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-16]

3.6.16**manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre à accumulation d'énergie dans laquelle l'énergie provient d'une source d'énergie extérieure et est libérée en une seule manœuvre continue, de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

3.6.17**effort de commande**

effort appliqué à un organe de commande, nécessaire à l'accomplissement de la manœuvre prévue

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-17]

3.6.18**effort de rappel**

effort prévu pour rappeler un organe de commande ou un élément de contact à sa position initiale

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-19]

3.6.19**course**

<pour un appareil mécanique de connexion ou une partie de celui-ci> déplacement, par translation ou rotation, d'un point d'un élément mobile

Note 1 à l'article: On peut distinguer entre course d'approche, course résiduelle, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-21]

3.6.20**position de fermeture**

<d'un appareil mécanique de connexion> position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal de l'appareil est assurée

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-22]

3.6.21**position d'ouverture**

<d'un appareil mécanique de connexion> position dans laquelle les exigences prédéterminées de tension de tenue diélectrique entre contacts ouverts sont satisfaites dans le circuit principal de l'appareil

3.6.22**position déclenchée**

position de l'appareil de connexion à la suite d'une manœuvre de déclenchement

3.6.23**déclenchement** (manœuvre de)

manœuvre d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion amorcée par un relais ou un déclencheur

3.6.24**appareil mécanique de connexion à déclenchement libre**

appareil mécanique de connexion dont les contacts mobiles reviennent en position d'ouverture et y demeurent quand la manœuvre d'ouverture (c'est-à-dire le déclenchement) est commandée après le début de la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu

Note 1 à l'article: Afin d'assurer une interruption correcte du courant qui peut avoir été établi, il peut être nécessaire que les contacts atteignent momentanément la position de fermeture.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-31, modifié – Ajout de la mention "(c'est-à-dire le déclenchement)" car la manœuvre d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion à déclenchement libre est commandée automatiquement.]

3.6.25**relais ou déclencheur instantané**

relais ou déclencheur qui fonctionne sans temporisation

3.6.26**relais ou déclencheur à maximum de courant**

relais ou déclencheur qui permet l'ouverture, avec ou sans temporisation, d'un appareil mécanique de connexion, lorsque le courant dans le relais ou le déclencheur dépasse une valeur prédéterminée

Note 1 à l'article: Cette valeur peut, dans certains cas, dépendre de la vitesse d'accroissement du courant.

3.6.27**relais ou déclencheur à maximum de courant à retard indépendant**

relais ou déclencheur à maximum de courant qui fonctionne avec une temporisation définie qui peut être réglable mais est indépendante de la valeur de la surintensité

3.6.28**relais ou déclencheur à maximum de courant à temps inverse**

relais ou déclencheur à maximum de courant qui fonctionne après une temporisation qui varie en raison inverse de la valeur de la surintensité

Note 1 à l'article: Un tel relais ou déclencheur peut être conçu pour que la temporisation atteigne une valeur minimale définie pour les valeurs élevées de la surintensité.

3.6.29**relais ou déclencheur direct à maximum de courant**

relais ou déclencheur à maximum de courant alimenté directement par le courant dans le circuit principal d'un appareil de connexion

3.6.30**relais ou déclencheur indirect à maximum de courant**

relais ou déclencheur à maximum de courant alimenté par le courant dans le circuit principal d'un appareil de connexion par l'intermédiaire d'un transformateur de courant ou d'un shunt

3.6.31**relais ou déclencheur de surcharge**

relais ou déclencheur à maximum de courant destiné à la protection contre les surcharges

3.6.32**relais ou déclencheur thermique de surcharge**

relais ou déclencheur de surcharge à temps inverse dont le fonctionnement (y compris la temporisation) dépend de l'action thermique du courant qui traverse le relais ou le déclencheur

3.6.33**relais ou déclencheur magnétique de surcharge**

relais ou déclencheur de surcharge dont le fonctionnement dépend de la force produite par un courant circulant dans le circuit principal et alimentant la bobine d'un électroaimant

Note 1 à l'article: Un tel relais ou déclencheur a généralement une caractéristique temps-courant inverse.

3.6.34**déclencheur shunt**

déclencheur alimenté par une source de tension

Note 1 à l'article: La source de tension peut être indépendante de la tension du circuit principal.

[SOURCE:IEC 60050-441:2000, 441-16-41]

3.6.35**relais ou déclencheur à minimum de tension**

relais ou déclencheur qui permet l'ouverture ou la fermeture, avec ou sans temporisation, d'un appareil mécanique de connexion lorsque la tension aux bornes du relais ou du déclencheur tombe au-dessous d'une valeur prédéterminée

3.6.36**relais ou déclencheur à retour de courant** (en courant continu seulement)

relais ou déclencheur qui permet l'ouverture, avec ou sans retard, d'un appareil mécanique de connexion lorsque le courant change de sens et dépasse une valeur prédéterminée

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-43, modifié – Remplacement de “déclencheur” par “relais ou déclencheur”.]

3.6.37

courant d'emploi

<d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant> valeur du courant à partir et au-dessus de laquelle le relais ou le déclencheur fonctionnera

3.6.38

courant de réglage

<d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant ou de surcharge> valeur de courant du circuit principal à laquelle se rapportent les caractéristiques de fonctionnement du relais ou du déclencheur et pour laquelle le relais ou le déclencheur est réglé

Note 1 à l'article: Un relais ou un déclencheur peut avoir plusieurs réglages de courant, par le biais d'un cadran de réglage, de filaments chauffants interchangeables, etc.

3.6.39

domaine de courants de réglage

<d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant ou de surcharge> domaine limité par les valeurs minimale et maximale entre lesquelles la valeur du courant de réglage du relais ou du déclencheur peut être ajustée

3.7 Grandeurs caractéristiques

3.7.1

valeur nominale

valeur de dénomination

valeur d'une grandeur, utilisée pour dénommer et identifier un composant, un dispositif, un matériel ou un système

Note 1 à l'article: La valeur nominale est généralement une valeur arrondie.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-09]

3.7.2

valeur limite

dans une spécification d'un composant, dispositif, matériel ou système, la plus grande ou la plus petite valeur admissible d'une grandeur

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-10]

3.7.3

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.7.4

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-11]

3.7.5

courant présumé

<d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible> courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle de l'appareil de connexion ou le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

Note 1 à l'article: La méthode à employer pour évaluer et pour exprimer le courant présumé doit être spécifiée dans la norme de produit correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-01, modifié – Dans la Note 1 à l'article, remplacement de "les publications particulières" par "la norme de produit correspondante".]

3.7.6

valeur de crête du courant présumé

valeur de crête d'un courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

Note 1 à l'article: La définition implique que le courant est établi par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire passant instantanément d'une impédance infinie à une impédance nulle. Pour un circuit ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, il est entendu en outre que le courant est établi simultanément dans tous les pôles même si on ne considère que le courant dans un seul pôle.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-02]

3.7.7

courant symétrique présumé

<d'un circuit à courant alternatif> courant présumé lorsqu'il est établi à un instant tel qu'aucun phénomène transitoire ne suive l'établissement

Note 1 à l'article: Pour des circuits polyphasés, la condition de non-apparition de phénomènes transitoires ne peut apparaître que sur un seul pôle à la fois.

Note 2 à l'article: Le courant symétrique présumé est exprimé par sa valeur efficace.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-03, modifié – Dans la Note 2 à l'article, remplacement de "le courant présumé symétrique" par "le courant symétrique présumé".]

3.7.8

valeur maximale de crête du courant présumé

<d'un circuit à courant alternatif> valeur de crête du courant présumé quand l'établissement du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus grande valeur possible

Note 1 à l'article: Pour un appareil multipolaire dans un circuit polyphasé, la valeur maximale de crête du courant présumé ne se rapporte qu'à un seul pôle.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-04]

3.7.9

courant établi présumé

<pour un pôle d'un appareil de connexion> courant présumé lorsqu'il est établi dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Les conditions spécifiées peuvent se rapporter à la méthode d'établissement, par exemple par un appareil de connexion idéal, ou à l'instant d'établissement, par exemple conduisant à la valeur maximale de crête ou à la vitesse maximale d'accroissement. La spécification de ces conditions est donnée dans la norme de produit correspondante.

[SOURCE: [SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-05, modifié – Dans la Note 1 à l'article, remplacement de "les publications particulières" par "la norme de produit correspondante".]

3.7.10

courant coupé présumé

<pour un pôle d'un appareil de connexion ou un fusible> courant présumé évalué à l'instant correspondant au début du phénomène de coupure

Note 1 à l'article: Des spécifications concernant l'instant du début du phénomène de coupure sont données dans la norme de produit correspondante. Pour les appareils mécaniques de connexion ou les fusibles, cet instant est habituellement choisi comme l'instant du début d'un arc au cours d'une coupure.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-06, modifié – Dans la Note 1 à l'article, remplacement de "les publications particulières" par "la norme de produit correspondante".]

3.7.11

courant coupé

<d'un appareil de connexion ou d'un fusible> courant dans un pôle d'un appareil de connexion ou dans un fusible à l'instant de l'amorçage de l'arc au cours d'une coupure

Note 1 à l'article: Pour le courant alternatif, ce courant est exprimé par la valeur en valeur efficace symétrique de la composante alternative.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-07, modifié – Remplacement de "fusible évalué" par "fusible" et ajout de la Note 1 à l'article.]

3.7.12

pouvoir de coupure

<d'un appareil de connexion ou d'un fusible> valeur du courant présumé coupé qu'un appareil de connexion ou un fusible est capable d'interrompre sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

Note 1 à l'article: La tension à fixer et les conditions à prescrire sont précisées dans la norme de produit correspondante.

Note 2 à l'article: Pour le courant alternatif, ce courant est exprimé par la valeur en valeur efficace symétrique de la composante alternative.

Note 3 à l'article: Pour le pouvoir de coupure en court-circuit, voir 3.7.14.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-08, modifié – Dans la Note 1 à l'article, remplacement de "les publications particulières" par "la norme de produit correspondante"; modification de la Note 2 à l'article; ajout de la Note 3 à l'article.]

3.7.13

pouvoir de fermeture

<d'un appareil de connexion> une valeur du courant présumé établi qu'un appareil de connexion est capable d'établir sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

Note 1 à l'article: La tension à fixer et les conditions à prescrire sont précisées dans la norme de produit correspondante.

Note 2 à l'article: Pour le pouvoir de fermeture en court-circuit, voir 3.7.15.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-09, modifié – Remplacement de "les spécifications individuelles" par "la norme de produit correspondante"; ajout de la Note 2 à l'article.]

3.7.14

pouvoir de coupure en court-circuit

un pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites comprennent un court-circuit aux bornes de l'appareil de connexion

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-11]

3.7.15**pouvoir de fermeture en court-circuit**

un pouvoir de fermeture pour lequel les conditions prescrites comprennent un court-circuit aux bornes de l'appareil de connexion

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-10]

3.7.16**courant critique de charge**

I_{crit}

valeur de courant coupé, dans le domaine des conditions de service, à laquelle la durée d'arc est notablement étendue

Note 1 à l'article: Ce phénomène, essentiel pour les applications en courant continu (par exemple les applications photovoltaïques), est dû au faible champ magnétique provenant du courant d'arc, créant un arc se déplaçant lentement.

3.7.17**courant critique de court-circuit**

valeur de courant coupé inférieure au pouvoir assigné de coupure en court-circuit, à laquelle l'énergie d'arc est notablement plus grande qu'au pouvoir assigné de coupure en court-circuit

3.7.18

I^2t

énergie coupée limitée**intégrale de Joule**

intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} I^2 dt$$

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-18-23, modifié – Suppression des Notes 1, 2 et 3 à l'article; ajout d'"énergie coupée limitée" comme deuxième terme privilégié.]

3.7.19**courant de coupure****courant coupé limité**

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un appareil de connexion ou un fusible

Note 1 à l'article: Cette notion est d'importance particulière si l'appareil de connexion ou le fusible fonctionne de telle manière que la valeur de crête du courant présumé du circuit n'est pas atteinte.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-12, modifié – Ajout du terme "courant de coupure".]

3.7.20**caractéristique temps-courant**

courbe donnant la durée, par exemple durée de préarc ou durée de fonctionnement, en fonction du courant présumé dans des conditions déterminées de fonctionnement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-13]

3.7.21**caractéristique de courant de coupure****caractéristique de courant coupé limité**

courbe donnant, pour des conditions déterminées de fonctionnement, le courant coupé limité en fonction du courant présumé

Note 1 à l'article: En courant alternatif, les valeurs du courant coupé limité sont les valeurs maximales quel que soit le degré du déséquilibre. En courant continu, ce sont les valeurs du courant coupé limité maximales atteintes compte tenu de la constante de temps spécifiée.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-14, modifié – Ajout du terme “caractéristique de courant de coupure”.]

3.7.22

coordination pour la protection contre les surintensités des dispositifs de protection à maximum de courant

coordination de deux ou plusieurs dispositifs de protection à maximum de courant en série pour assurer la sélectivité lors d'une surintensité et/ou la protection d'accompagnement

3.7.23.1

sélectivité lors d'une surintensité

coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de plusieurs dispositifs de protection à maximum de courant de telle façon qu'à l'apparition de surintensités comprises dans des limites données, le dispositif destiné à fonctionner entre ces limites fonctionne, tandis que le ou les autres ne fonctionnent pas

Note 1 à l'article: Une distinction est faite entre la sélectivité série, réalisée par différents dispositifs de protection à maximum de courant soumis pratiquement à la même surintensité, et la sélectivité de réseau, réalisée par des dispositifs de protection à maximum de courant identiques soumis à des fractions différentes de la surintensité.

3.7.23.2

sélectivité totale lors d'une surintensité

sélectivité lors d'une surintensité se produisant lorsqu'en présence de deux dispositifs de protection contre les surintensités, montés en série, le dispositif de protection en aval assure la protection sans provoquer le déclenchement de l'autre dispositif de protection

3.7.23.3

sélectivité partielle lors d'une surintensité

sélectivité lors d'une surintensité se produisant lorsqu'en présence de deux dispositifs de protection contre les surintensités, montés en série, le dispositif de protection en aval assure la protection jusqu'à un niveau de surintensité donné, sans provoquer le déclenchement de l'autre dispositif de protection

3.7.24

protection d'accompagnement

coordination, pour la protection contre les surintensités, de deux dispositifs de protection à maximum de courant montés en série, dans laquelle le dispositif de protection, qui est généralement, mais pas nécessairement, situé côté source, effectue la protection contre les surintensités avec ou sans l'aide de l'autre dispositif de protection et empêche toute contrainte excessive sur celui-ci

3.7.25

courant d'intersection

valeur du courant correspondant à l'intersection des caractéristiques temps-courant de coupure maximales de deux dispositifs de protection à maximum de courant montés en série

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-16, modifié – Ajout du qualificatif “de coupure maximales” après “des caractéristiques temps-courant”; ajout du qualificatif “montés en série” après “de deux dispositifs de protection à maximum de courant”.]

3.7.26

retard de courte durée

tout retard intentionnel de manœuvre n'excédant pas les limites du courant assigné de courte durée admissible

3.7.27**courant de courte durée admissible**

courant qu'un circuit ou un appareil de connexion dans la position de fermeture peut supporter pendant un court intervalle de temps spécifié et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-17]

3.7.28**valeur de crête du courant admissible**

valeur de crête du courant qu'un circuit ou un appareil de connexion dans la position de fermeture peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-18]

3.7.29**courant de court-circuit conditionnel**

<d'un circuit ou d'un appareil de connexion> courant présumé qu'un circuit ou un appareil de connexion, protégé par un dispositif spécifié de protection contre les courts-circuits, peut supporter de façon satisfaisante pendant la durée totale de fonctionnement de ce dispositif dans des conditions spécifiées d'emploi et de comportement

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le dispositif de protection contre les courts-circuits est généralement un disjoncteur ou un fusible.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-20, modifié – Remplacement de "un dispositif limiteur de courant spécifié" par "un dispositif spécifié de protection contre les courts-circuits"; remplacement de "la durée de fonctionnement" par "la durée totale de fonctionnement"; ajout de la Note 1 à l'article.]

3.7.30**courant conventionnel de non-déclenchement**

<d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant> valeur spécifiée de courant que peut supporter un relais ou un déclencheur pendant une durée spécifiée (durée conventionnelle) sans fonctionner

3.7.31**courant conventionnel de déclenchement**

<d'un relais ou d'un déclencheur à maximum de courant> valeur spécifiée de courant qui provoque le fonctionnement du relais ou du déclencheur pendant une durée spécifiée (durée conventionnelle)

3.7.32**tension appliquée**

<pour un appareil de connexion> tension qui existe entre les bornes d'un pôle d'un appareil de connexion immédiatement avant l'établissement du courant

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique à un appareil unipolaire. Pour un appareil multipolaire, cette définition désigne la tension entre phases entre les bornes d'alimentation de l'appareil.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-24, modifié – Ajout de la Note 1 à l'article.]

3.7.33**tension de rétablissement**

tension qui apparaît entre les bornes d'un pôle d'un appareil de connexion ou d'un fusible après l'interruption du courant

Note 1 à l'article: Cette tension peut être considérée durant deux intervalles de temps consécutifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi par un second intervalle durant lequel la tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en régime établi existe seule.

Note 2 à l'article: Cette définition s'applique à un appareil unipolaire. Pour un appareil multipolaire, cette définition désigne la tension entre phases entre les bornes d'alimentation de l'appareil.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-25, modifié – Ajout de la Note 2 à l'article.]

3.7.34

tension transitoire de rétablissement

TTR

tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable

Note 1 à l'article: La tension transitoire de rétablissement peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et de l'appareil de connexion. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre du circuit polyphasé.

Note 2 à l'article: Sauf spécification contraire, la tension transitoire de rétablissement pour les circuits triphasés est la tension aux bornes du premier pôle qui coupe, car cette tension est généralement plus élevée que celle qui apparaît aux bornes de chacun des deux autres pôles.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-26]

3.7.35

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-27]

3.7.36

tension de rétablissement en courant continu en régime établi

tension de rétablissement dans un circuit à courant continu après la disparition des phénomènes transitoires de tension, exprimée par sa valeur moyenne s'il y a des ondulations

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-28]

3.7.37

tension transitoire de rétablissement présumée

<d'un circuit> tension transitoire de rétablissement qui suit la coupure du courant présumé symétrique par un appareil de connexion idéal

Note 1 à l'article: La définition implique que l'appareil de connexion ou le fusible, pour lequel la tension transitoire de rétablissement est recherchée, est remplacé par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément de la valeur zéro à la valeur infinie à l'instant du zéro de courant, c'est-à-dire au zéro "naturel". Pour des circuits ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, on suppose en outre que la coupure du courant par l'appareil de connexion idéal n'a lieu que sur le pôle considéré.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-29]

3.7.38

tension d'arc (en valeur de crête)

<d'un appareil mécanique de connexion> valeur maximale instantanée de tension qui, dans des conditions prescrites, apparaît entre les bornes d'un pôle d'un appareil de connexion pendant la durée d'arc

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-30]

3.7.39

durée d'ouverture

<d'un appareil mécanique de connexion> intervalle de temps entre l'instant spécifié de début de la manœuvre d'ouverture et l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles

Note 1 à l'article: L'instant de début de la manœuvre d'ouverture, c'est-à-dire l'émission de l'ordre d'ouverture (par exemple: l'alimentation d'un déclencheur, etc.) est donné dans la norme de produit correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-36, modifié – Dans la Note 1 à l'article, remplacement de “les spécifications particulières” par “la norme de produit correspondante”.]

3.7.40

durée d'arc

<d'un pôle ou d'un fusible> intervalle de temps entre l'instant de début de l'arc sur un pôle ou sur un fusible et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle ou ce fusible

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-37]

3.7.41

durée d'arc

<d'un appareil de connexion multipolaire> intervalle de temps entre l'instant du premier début d'un arc et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur tous les pôles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-38]

3.7.42

durée de coupure

intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion, ou le début de la durée de préarc d'un fusible, et la fin de la durée d'arc

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-39]

3.7.43

durée d'établissement

intervalle de temps entre le début de la manœuvre de fermeture et l'instant où le courant commence à circuler dans le circuit principal

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-40]

3.7.44

durée de fermeture

intervalle de temps entre le début de la manœuvre de fermeture et l'instant où les contacts se touchent dans tous les pôles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-41]

3.7.45

durée d'établissement-coupure

intervalle de temps entre l'instant où le courant commence à circuler dans un pôle et l'instant de l'extinction finale des arcs sur tous les pôles, le déclencheur étant alimenté à l'instant où le courant commence à circuler dans le circuit principal

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-43]

3.7.46

distance d'isolement

distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-31]

3.7.47

distance d'isolement entre pôles

distance d'isolement entre n'importe quelles parties conductrices de pôles adjacents

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-32]

3.7.48

distance d'isolement à la terre

distance d'isolement entre n'importe quelle partie conductrice et n'importe quelle partie réunie à la terre ou prévue pour être réunie à la terre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-33]

3.7.49

distance d'isolement entre contacts ouverts

distance d'isolement totale entre les contacts, ou n'importe quelles parties conductrices qui leur sont reliées, d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion dans la position d'ouverture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-34]

3.7.50

courant de fuite

courant qui s'écoule des parties actives du matériel à la terre, ou sur les contacts ouverts pendant l'essai de sectionnement, en l'absence de tout défaut d'isolement

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-24 modifié – Suppression dans le titre de la mention "(à la terre)"; dans la définition, ajout du qualificatif "du matériel" après "des parties actives"; ajout de la mention "ou sur les contacts ouverts pendant l'essai de sectionnement".]

3.7.51

ligne de fuite

distance la plus courte le long de la surface d'un matériau isolant entre deux parties conductrices

Note 1 à l'article: Un joint entre deux portions d'isolant est considéré comme faisant partie de la surface.

3.7.52

tension de service

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou en courant continu à travers une quelconque isolation particulière qui peut apparaître lorsque le matériel est alimenté à la tension assignée

Note 1 à l'article: Les transitoires sont ignorés.

Note 2 à l'article: Les conditions en circuit ouvert et les conditions normales de fonctionnement sont prises en compte.

3.7.53

surtension temporaire

surtension à fréquence industrielle d'une durée relativement longue

Note 1 à l'article: Une surtension temporaire n'est pas amortie, ou alors elle n'est que faiblement amortie. Dans certains cas, sa fréquence peut être plusieurs fois inférieure ou supérieure à la fréquence industrielle.

3.7.54

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

3.7.55**tension de tenue à fréquence industrielle**

valeur efficace d'une tension sinusoïdale à fréquence industrielle qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

Note 1 à l'article: Pour la tension de tenue en continu, voir 3.7.67.

3.7.56**pollution**

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés) qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité superficielle

3.7.57**degré de pollution**

<des conditions d'environnement> nombre conventionnel, basé sur la quantité de poussières conductrices ou hygroscopiques, de gaz ionisés ou de sels, et sur l'humidité relative et sa fréquence d'apparition se traduisant par l'absorption ou la condensation d'humidité, ayant pour effet de diminuer la rigidité diélectrique et/ou la résistivité superficielle

Note 1 à l'article: Le degré de pollution du microenvironnement auquel est exposé un matériel peut être différent de celui du macro-environnement dans lequel est situé le matériel en raison de la protection assurée par une enveloppe ou un chauffage interne empêchant l'absorption ou la condensation de l'humidité.

Note 2 à l'article: Pour les besoins du présent document, le degré de pollution est celui du microenvironnement.

3.7.58**microenvironnement**

<d'une distance d'isolement ou d'une ligne de fuite> ensemble des conditions ambiantes à proximité immédiate de la distance d'isolement ou de la ligne de fuite considérée

Note 1 à l'article: C'est le microenvironnement de la ligne de fuite ou de la distance d'isolement, et non l'environnement du matériel, qui détermine l'effet sur l'isolation. Le microenvironnement est susceptible d'être meilleur ou pire que l'environnement du matériel. Il comprend tous les facteurs influant sur l'isolation, tels que conditions climatiques, influences électromagnétiques, production de pollution, etc.

3.7.59**catégorie de surtension**

<d'un circuit ou dans un réseau> nombre conventionnel, basé sur la limitation (ou la commande) des valeurs de surtensions transitoires présumées apparaissant dans un circuit (ou dans un réseau où existent des sections de tensions nominales différentes) et dépendant des moyens employés pour agir sur ces surtensions

Note 1 à l'article: Dans un réseau, le passage d'une catégorie de surtension à une autre catégorie inférieure est réalisé à l'aide de moyens appropriés satisfaisant aux exigences d'interface, tels qu'un dispositif de protection contre les surtensions ou des impédances de shunt disposées en série capables de dissiper, d'absorber ou de détourner l'énergie du courant de surcharge correspondant, afin d'abaisser la valeur des surtensions transitoires à celle qui correspond à la catégorie de surtension inférieure recherchée.

3.7.60**coordination de l'isolement**

correspondance des caractéristiques d'isolement du matériel électrique, d'une part avec les surtensions attendues et avec les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions et, d'autre part, avec le microenvironnement attendu et les moyens de protection contre la pollution

3.7.61**champ homogène**

champ électrique dont le gradient de tension est essentiellement constant entre les électrodes, comme c'est le cas entre deux sphères où le rayon de chacune est plus grand que la distance qui les sépare

3.7.62**champ non homogène**

champ électrique dont le gradient de tension entre électrodes n'est pas essentiellement constant

3.7.63**cheminement**

formation progressive de trajets conducteurs produits à la surface d'un isolant solide sous l'effet combiné des contraintes électriques et de la contamination électrolytique de cette surface

3.7.64**indice de résistance au cheminement****IRC**

valeur numérique de la tension maximale, exprimée en volts, qu'un matériau peut supporter sans cheminement et sans apparition de flammes persistantes dans des conditions d'essai spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-59]

3.7.65**tension assignée du circuit de commande** U_c

tension assignée qui commande le signal d'entrée du dispositif de commande

3.7.66**tension assignée d'alimentation du circuit de commande** U_s

tension assignée appliquée pour alimenter les bornes de la source d'alimentation du circuit de commande

3.7.67**tension de tenue en continu**

valeur arithmétique moyenne d'une tension en continu qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

3.7.68**courant limite de sélectivité** I_s

valeur du courant correspondant à l'intersection de la caractéristique temps-courant totale du dispositif de protection en aval, et de la caractéristique temps-courant de la durée de préarc (pour les fusibles) ou du déclenchement (pour les disjoncteurs) de l'autre dispositif de protection

Note 1 à l'article: Le courant limite de sélectivité (voir Figure X.1) est une valeur limite de courant:

- au-dessous de laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant montés en série, le dispositif de protection en aval réalise la coupure à temps pour empêcher l'autre dispositif de protection d'initier son fonctionnement (c'est-à-dire que la sélectivité est assurée);
- au-dessus de laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant montés en série, le dispositif de protection en aval ne peut pas réaliser la coupure à temps pour empêcher l'autre dispositif de protection d'initier son fonctionnement (c'est-à-dire que la sélectivité n'est pas assurée).

3.8 Essais**3.8.1****essai de type**

essai réalisé sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

3.8.2**essai individuel de série**

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours et/ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

3.8.3**essai (de série) sur prélèvement**

essai réalisé sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot

3.8.4**essai spécial**

essai s'ajoutant aux essais de type et aux essais individuels de série, effectué soit à la discrétion du fabricant, soit par accord entre le fabricant et l'utilisateur

3.9 Accès**3.9.1****accès**

interface particulière de l'appareillage spécifié avec l'environnement électromagnétique externe

3.9.2**accès de signaux**

point auquel un conducteur ou un câble transportant des informations pour le transfert de données est relié à l'appareillage

Note 1 à l'article: Les bus de données; les réseaux de communication et les réseaux de commande constituent des exemples d'accès de signaux.

3.9.3**accès de puissance**

accès d'alimentation de commande

accès sur lequel un conducteur ou câble transportant la puissance électrique primaire nécessaire au fonctionnement d'un appareillage ou d'appareillages associés est raccordé à l'appareillage

3.10 Symboles et paragraphes de référence correspondant aux caractéristiques décrites dans le présent document

I_{the}	Courant thermique conventionnel sous enveloppe (5.3.2.2)
I_{th}	Courant thermique conventionnel à l'air libre (5.3.2.1)
	Service continu (service de 8 h) (5.3.4.1)
	Service intermittent (5.3.4.3)
	Service périodique (5.3.4.5)
Z	Impédance de pôle de l'appareil de connexion (5.3.7)
	Pouvoir assigné de coupure (5.3.5.3)
I_q ou I_{cc}	Courant conditionnel de court-circuit assigné (5.3.6.4)
U_c	Tension assignée du circuit de commande (3.7.65)
U_s	Tension assignée d'alimentation du circuit de commande (3.7.66)
I_n	Courant assigné (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
	Fréquence assignée (5.3.3)
U_{imp}	Tension assignée de tenue aux chocs (5.3.1.3)
U_i	Tension assignée d'isolement (5.3.1.2)
	Pouvoir assigné de fermeture (5.3.5.2)

I_e	Courant assigné d'emploi (5.3.2.3) Puissance assignée d'emploi (5.3.2.3)
U_e	Tension assignée d'emploi (5.3.1.1)
U_{ir}	Tension assignée rotorique d'isolement (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{er}	Courant assigné rotorique d'emploi (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
U_{er}	Tension assignée rotorique d'emploi (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{cs}	Pouvoir assigné de coupure de service en court-circuit (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{cn}	Pouvoir assigné de coupure en court-circuit (5.3.6.3)
I_{cm}	Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (5.3.6.2)
I_{cw}	Courant assigné de courte durée admissible (5.3.6.1) Tension assignée d'amorçage d'un démarreur d'autotransformateur (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
U_{is}	Tension assignée statorique d'isolement (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{es}	Courant assigné statorique d'emploi (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
U_{es}	Tension assignée statorique d'emploi (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{cu}	Pouvoir assigné de coupure ultime en court-circuit (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_u	Courant permanent assigné (5.3.2.4)
I_{thr}	Courant thermique rotorique (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_{ths}	Courant thermique statorique (caractéristique assignée définie dans la norme de produit appropriée)
I_B	Courant d'intersection (X.3.2) Service temporaire (5.3.4.4) Service ininterrompu (5.3.4.2) Catégorie d'emploi (5.4)

4 Classification

Le présent article est destiné aux normes de produits uniquement, afin de regrouper le matériel en différentes classes. La distinction entre les classes doit se baser sur leurs caractéristiques.

NOTE Une liste des éléments soumis à un accord entre le fabricant et l'utilisateur est donnée à l'Annexe J.

5 Caractéristiques

5.1 Énumération des caractéristiques

Le 3.10 donne la liste alphabétique des caractéristiques (assignées ou non) et des symboles.

NOTE La liste du 3.10 n'est pas exhaustive.

Les caractéristiques d'un matériel doivent être déclarées dans la norme de produit correspondante, en ce qui concerne les points suivants, le cas échéant:

- type de matériel (5.2),
- valeurs assignées et valeurs limites pour le circuit principal (5.3),
- catégorie d'emploi (5.4),
- circuits de commande (5.5),
- circuits auxiliaires (5.6),
- relais et déclencheurs (5.7),
- coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (5.8).

Les caractéristiques assignées sont fixées par le fabricant. Elles doivent être déclarées conformément aux paragraphes 5.3.1 à 5.3.6, selon ce qui est exigé par la norme de produit correspondante, mais il n'est pas nécessaire de spécifier toutes celles qui sont énumérées.

5.2 Type de matériel

La norme de produit doit déclarer ce qui suit, le cas échéant:

- nature du matériel,
- nombre de pôles,
- nature du courant,
- milieu de coupure,
- conditions de fonctionnement (mode de manœuvre, mode de commande, etc.).

NOTE La liste ci-dessus n'est pas exhaustive.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le circuit principal

5.3.1 Tensions assignées

5.3.1.1 Tension assignée d'emploi (U_e)

Une tension assignée d'emploi d'un matériel est une tension qui, combinée avec un courant assigné d'emploi, détermine l'emploi du matériel, et à laquelle se rapportent les essais correspondants et la catégorie d'emploi.

Pour un matériel unipolaire, la tension assignée d'emploi s'exprime généralement par la tension à travers le pôle.

Pour un matériel multipolaire, elle s'exprime généralement par la tension entre phases.

Pour certains appareils et pour des applications spécifiques, une méthode différente pour exprimer U_e peut s'appliquer. Si une méthode différente s'applique, il convient de la déclarer dans la norme de produit correspondante.

Dans le cas des matériels multipolaires pour emploi sur des circuits polyphasés, une distinction peut être faite entre:

- a) les matériels destinés à être utilisés sur des réseaux où un seul défaut à la terre n'entraîne pas l'apparition de la totalité de la tension entre phases sur un pôle:
 - réseaux à neutre relié à la terre;
 - réseaux non reliés à la terre et reliés à la terre par une impédance;
- b) les matériels destinés aux réseaux dans lesquels un seul défaut à la terre entraîne l'apparition de la totalité de la tension entre phases sur un pôle (c'est-à-dire les réseaux ayant une phase reliée à la terre).

Un matériel peut être caractérisé par un certain nombre de valeurs combinées de tensions assignées d'emploi et de courants ou de puissances assignés d'emploi correspondant à différents services et différentes catégories d'emploi.

Un matériel peut être caractérisé par un certain nombre de tensions assignées d'emploi et de pouvoirs de fermeture et de coupure correspondant à différents services et différentes catégories d'emploi.

NOTE 1 L'attention est attirée sur le fait que la tension d'emploi peut être différente de la tension de service (voir 3.7.52) à l'intérieur d'un matériel.

Il doit être indiqué le réseau triphasé pour lequel la tension assignée d'emploi est valide, conformément à l'IEC 60038, par exemple 230 V/400 V ou 400 V (50 Hz), 277 V/480 V ou 480 V (60 Hz), suivant le cas. Les valeurs inférieures correspondent aux tensions entre phase et neutre, et les valeurs supérieures correspondent aux tensions entre phases. Lorsqu'une seule valeur est indiquée, elle fait référence à des réseaux triphasés et spécifie la tension entre phases.

NOTE 2 Certains matériels peuvent avoir plus d'une tension assignée ou un domaine de tensions assignées.

5.3.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

La tension assignée d'isolement d'un matériel est la tension de référence pour les essais diélectriques et pour les lignes de fuite.

En aucun cas, la valeur la plus élevée de la tension assignée d'emploi ne doit dépasser celle de la tension assignée d'isolement.

NOTE Dans le cas des matériels pour lesquels la tension assignée d'isolement n'est pas spécifiée, la valeur la plus élevée de la tension assignée d'emploi est considérée comme étant la tension assignée d'isolement.

5.3.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension de choc de crête, de forme et de polarité prescrites, que le matériel est en mesure de supporter sans claquage, dans des conditions d'essai spécifiées, et servant de référence pour les valeurs des distances d'isolement.

La tension assignée de tenue aux chocs d'un matériel doit être supérieure ou égale aux valeurs déclarées pour les surtensions transitoires apparaissant dans le circuit où est placé le matériel.

NOTE Les valeurs privilégiées de la tension assignée de tenue aux chocs sont données dans le Tableau 12.

5.3.2 Courants

5.3.2.1 Courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th})

Le courant thermique conventionnel à l'air libre est le courant d'essai maximal à utiliser pour les essais d'échauffement du matériel sans enveloppe à l'air libre (voir 9.3.3.3).

La valeur du courant thermique conventionnel à l'air libre doit être au moins égale à la valeur maximale du courant assigné d'emploi (voir 5.3.2.3) du matériel sans enveloppe, en service de 8 h (voir 5.3.4.1).

Il est entendu par "air libre" l'air qui existe dans les conditions normales à l'intérieur, raisonnablement exempt de poussières et de radiations externes.

NOTE 1 Ce courant n'est pas une caractéristique assignée et n'est pas obligatoirement marqué sur le matériel.

NOTE 2 Un matériel sans enveloppe est un matériel fourni par le fabricant sans enveloppe ou un matériel fourni par le fabricant avec une enveloppe intégrée qui n'est pas destinée normalement à être la seule enveloppe protégeant le matériel.

5.3.2.2 Courant thermique conventionnel sous enveloppe (I_{th})

Le courant thermique conventionnel sous enveloppe d'un matériel est le courant, déclaré par le fabricant, à utiliser pour les essais d'échauffement du matériel lorsqu'il est monté dans une enveloppe spécifiée. Ces essais doivent être conformes à 9.3.3.3 et sont obligatoires si le matériel est décrit comme matériel sous enveloppe dans les catalogues du fabricant et normalement destiné à être utilisé avec une ou plusieurs enveloppes de type et de taille spécifiés (voir ci-après).

La valeur du courant thermique conventionnel sous enveloppe doit être au moins égale à la valeur maximale du courant assigné d'emploi (voir 5.3.2.3) du matériel sous enveloppe, en service de 8 h (voir 5.3.4.1).

Si le matériel est normalement destiné à être utilisé dans des enveloppes non spécifiées, cet essai n'est pas obligatoire si l'essai au courant thermique conventionnel à l'air libre (I_{th}) a été réalisé. Dans ce cas, le fabricant doit être en mesure de fournir des recommandations sur la valeur du courant thermique sous enveloppe ou sur le facteur de déclassement (voir Note 1).

NOTE 1 Les recommandations peuvent prendre la forme d'une publication du courant assigné maximal à une température de l'air ambiant local spécifiée (environnant, à proximité immédiate de l'appareil) (exemple 1: AC-1 $I_e = 45$ A à une ambiance locale de 40 °C, AC-1 $I_e = 40$ A à une ambiance locale de 60 °C – exemple 2: $I_{th} = 200$ A à une ambiance locale de 40 °C, $I_{th} = 150$ A à une ambiance locale de 60 °C). En publiant de telles valeurs, le fabricant informe l'utilisateur des limites de l'application du produit indépendamment de la taille ou du type de l'enveloppe.

NOTE 2 Ce courant n'est pas une caractéristique assignée et n'est pas obligatoirement marqué sur le matériel.

La valeur du courant thermique conventionnel sous enveloppe peut se rapporter à l'absence de ventilation, auquel cas l'enveloppe utilisée pour l'essai doit être de la taille déclarée par le fabricant comme étant la plus petite utilisable en service. En variante, elle peut aussi tenir compte d'une ventilation, celle-ci étant conforme aux indications du fabricant.

5.3.2.3 Courant assigné d'emploi (I_e) ou puissance assignée d'emploi

Un courant assigné d'emploi d'un matériel est déclaré par le fabricant et tient compte de la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1), de la fréquence assignée (voir 5.3.3), du service assigné (voir 5.3.4), de la catégorie d'emploi (voir 5.4) et du type d'enveloppe de protection, le cas échéant.

Dans le cas de matériels permettant la commande directe de moteurs individuels, l'indication d'un courant assigné d'emploi peut être remplacée ou complétée par celle de la puissance maximale disponible assignée, sous la tension assignée d'emploi considérée, du moteur auquel le matériel est destiné. Le fabricant doit être en mesure de déclarer la relation prise pour hypothèse entre le courant d'emploi et la puissance d'emploi, le cas échéant.

5.3.2.4 Courant permanent assigné (I_u)

Le courant permanent assigné d'un matériel est le courant, déclaré par le fabricant, que le matériel peut supporter en service ininterrompu (voir 5.3.4.2).

5.3.3 Fréquence assignée

Fréquence d'alimentation pour laquelle un matériel est conçu et à laquelle correspondent les autres valeurs caractéristiques.

Un même matériel peut avoir plusieurs fréquences assignées ou un domaine de fréquences assignées, ou convenir à la fois au courant alternatif et au courant continu.

5.3.4 Services assignés

5.3.4.1 Service continu (service de 8 h)

Service dans lequel les contacts principaux d'un matériel demeurent fermés, tout en étant parcourus par un courant constant pendant une durée assez longue pour que le matériel puisse atteindre l'équilibre thermique, mais ne dépassant pas 8 h sans interruption.

NOTE 1 Ce service est le service de base d'après lequel les courants thermiques conventionnels I_{th} et I_{the} du matériel sont déterminés.

NOTE 2 Il est entendu par "interruption" la coupure du courant par la manœuvre du matériel.

5.3.4.2 Service ininterrompu

Service sans durée sans charge dans lequel les contacts principaux d'un matériel demeurent fermés sans interruption, tout en étant parcourus par un courant constant, pendant des durées supérieures à 8 h (des semaines, des mois ou même des années).

NOTE Ce genre de service diffère du service de 8 h car les oxydes et la poussière peuvent s'accumuler sur les contacts et causer un échauffement progressif. Il peut être tenu compte du service ininterrompu, soit par l'adoption d'un facteur de déclassement, soit par des conceptions particulières (par exemple contacts en argent).

5.3.4.3 Service intermittent périodique ou service intermittent

Service avec des durées de fonctionnement en charge pendant lesquelles les contacts principaux d'un matériel demeurent fermés, et dont la relation avec les durées sans charge est définie, chacune de ces durées étant trop courte pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique.

Le service intermittent est caractérisé par la valeur du courant, par la durée de passage du courant et par le facteur de marche, qui est le rapport entre la durée du passage du courant et la durée totale, et qui est souvent exprimé par un pourcentage.

Les valeurs normalisées du facteur de marche sont 15 %, 25 %, 40 % et 60 %.

Suivant le nombre de cycles de manœuvres qu'ils doivent être capables d'effectuer par heure, les matériels sont répartis entre les classes suivantes:

- classe 1: 1 cycle de manœuvres par heure,
- classe 3: 3 cycles de manœuvres par heure,
- classe 12: 12 cycles de manœuvres par heure,
- classe 30: 30 cycles de manœuvres par heure,
- classe 120: 120 cycles de manœuvres par heure,
- classe 300: 300 cycles de manœuvres par heure,
- classe 1 200: 1 200 cycles de manœuvres par heure,
- classe 3 000: 3 000 cycles de manœuvres par heure,
- classe 12 000: 12 000 cycles de manœuvres par heure,
- classe 30 000: 30 000 cycles de manœuvres par heure,
- classe 120 000: 120 000 cycles de manœuvres par heure,
- classe 300 000: 300 000 cycles de manœuvres par heure.

Pour un service intermittent comportant un grand nombre de cycles de manœuvres par heure, le fabricant doit indiquer, soit en utilisant le cycle réel si celui-ci est connu, soit en utilisant des cycles conventionnels qu'il indiquera, les valeurs des courants assignés d'emploi qui doivent être telles que:

$$\int_0^T i^2 dt \leq I_{th}^2 \times T \quad \text{ou} \quad I_{the}^2 \times T$$

suivant le cas

où T désigne la durée totale d'un cycle de manœuvres.

NOTE La formule ci-dessus ne tient pas compte de l'énergie d'arc de commutation.

Un appareil de connexion destiné au service intermittent peut être désigné par les caractéristiques du service intermittent.

EXEMPLE: Un service intermittent comportant le passage d'un courant de 100 A pendant 2 min toutes les 5 min peut être déclaré sous la forme 100 A, classe 12, 40 %.

5.3.4.4 Service temporaire

Service dans lequel les contacts principaux d'un matériel demeurent fermés pendant des durées qui ne sont pas suffisamment longues pour permettre au matériel d'atteindre l'équilibre thermique, les durées de fonctionnement en charge étant séparées par des durées sans charge, suffisamment longues pour rétablir l'égalité de la température avec celle du milieu refroidissant.

Les valeurs normalisées du service temporaire sont 3 min, 10 min, 30 min, 60 min et 90 min avec les contacts fermés.

5.3.4.5 Service périodique

Service dans lequel le fonctionnement à charge constante ou variable est périodique.

5.3.5 Caractéristiques en conditions de charge normale et de surcharge (voir 8.2.4)

5.3.5.1 Aptitude à supporter les courants de surcharge occasionnés par le démarrage de moteurs

Un matériel destiné à commander des moteurs doit être en mesure de supporter les contraintes thermiques occasionnées par le démarrage et l'accélération d'un moteur à sa vitesse normale et par les surcharges de fonctionnement.

Les exigences détaillées pour satisfaire à ces conditions sont données dans la norme de produit correspondante.

NOTE Les catégories d'emploi auxquelles il est fait référence en 5.4 peuvent, le cas échéant, contenir des exigences relatives au fonctionnement en conditions de surcharge.

5.3.5.2 Pouvoir assigné de fermeture

Le pouvoir assigné de fermeture d'un matériel est le courant, déclaré par le fabricant, que le matériel peut établir de manière satisfaisante dans des conditions spécifiées.

Les conditions de fermeture qui doivent être spécifiées sont:

- la tension appliquée (voir 3.7.32),
- les caractéristiques du circuit d'essai.

Le pouvoir assigné de fermeture est exprimé en fonction de la tension assignée d'emploi et du courant assigné d'emploi, conformément à la norme de produit correspondante.

NOTE 1 La norme de produit correspondante donne, le cas échéant, la relation entre le pouvoir assigné de fermeture et la catégorie d'emploi.

En courant alternatif, le pouvoir assigné de fermeture s'exprime par la valeur efficace de la composante symétrique du courant, qui est par hypothèse constante.

NOTE 2 En courant alternatif, la valeur de crête du courant pendant la première demi-période qui suit la fermeture des contacts principaux du matériel peut être, suivant le facteur de puissance du circuit et l'instant de l'onde de tension où s'effectue la fermeture, notablement supérieure à la valeur de crête du courant en régime établi qui entre dans la détermination du pouvoir de fermeture.

Un matériel est par hypothèse en mesure d'établir un courant ayant une composante alternative égale à celle qui définit son pouvoir assigné de fermeture, quelle que soit la valeur de la composante continue dans les limites résultant des facteurs de puissance indiqués dans la norme de produit correspondante.

5.3.5.3 Pouvoir assigné de coupure

Le pouvoir assigné de coupure d'un matériel est le courant, déclaré par le fabricant, que le matériel peut couper de manière satisfaisante dans des conditions spécifiées.

Les conditions de coupure qui doivent être spécifiées sont:

- les caractéristiques du circuit d'essai,
- la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Le pouvoir assigné de coupure est exprimé en fonction de la tension assignée d'emploi et du courant assigné d'emploi, conformément à la norme de matériel correspondante.

Un matériel doit être capable de couper n'importe quelle valeur de courant inférieure ou égale à son pouvoir assigné de coupure.

NOTE 1 Un appareil de connexion peut avoir plus d'un pouvoir assigné de coupure, chacun d'eux correspondant à une tension d'emploi et une catégorie d'emploi.

En courant alternatif, le pouvoir assigné de coupure s'exprime par la valeur efficace de la composante symétrique du courant.

NOTE 2 La norme de produit correspondante donne, le cas échéant, la relation entre le pouvoir assigné de coupure et la catégorie d'emploi.

5.3.6 Caractéristiques de court-circuit

5.3.6.1 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw})

Le courant assigné de courte durée admissible d'un matériel est le courant de courte durée, assigné au matériel par le fabricant, que ce matériel peut supporter sans dommage dans les conditions d'essai spécifiées dans la norme de produit correspondante.

5.3.6.2 Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (I_{cm})

Le pouvoir assigné de fermeture en court-circuit d'un matériel est le pouvoir de fermeture en court-circuit assigné à ce matériel par le fabricant pour la tension assignée d'emploi, à la fréquence assignée et pour un facteur de puissance spécifié en courant alternatif, ou une constante de temps spécifiée en courant continu. Il s'exprime sous la forme de la valeur maximale de crête du courant présumé dans des conditions prescrites.

5.3.6.3 Pouvoir assigné de coupure en court-circuit (I_{cn})

Le pouvoir assigné de coupure en court-circuit d'un matériel est le pouvoir de coupure en court-circuit assigné à ce matériel par le fabricant pour la tension assignée d'emploi, à la fréquence assignée et pour un facteur de puissance spécifié en courant alternatif, ou une constante de temps spécifiée en courant continu. Il s'exprime sous la forme du courant coupé présumé (valeur efficace de la composante alternative dans le cas du courant alternatif) dans des conditions prescrites.

5.3.6.4 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_q , en variante I_{cc})

Le courant conditionnel de court-circuit assigné d'un matériel est le courant présumé, déclaré par le fabricant, que ce matériel, protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits spécifié par le fabricant, peut supporter de façon satisfaisante pendant la durée de fonctionnement de ce dispositif dans les conditions d'essai spécifiées dans la norme de produit correspondante.

Le fabricant doit déclarer les caractéristiques du dispositif de protection contre les courts-circuits spécifié.

NOTE 1 En courant alternatif, le courant conditionnel de court-circuit assigné s'exprime par la valeur efficace de la composante alternative.

NOTE 2 Le dispositif de protection contre les courts-circuits peut soit faire partie intégrante du matériel, soit en être séparé.

NOTE 3 Conformément aux pratiques des clients, I_q est utilisé pour les démarreurs et I_{cc} est utilisé pour les interrupteurs et les disjoncteurs.

NOTE 4 Cette note ne s'applique qu'à la version anglaise.

5.3.7 Impédance de pôle de l'appareil de connexion (Z)

L'impédance de pôle peut être déclarée par le fabricant et est déterminée en mesurant la chute de tension résultant du courant qui s'écoule par le pôle (voir 8.2.6).

5.4 Catégorie d'emploi

La catégorie d'emploi d'un matériel définit l'application à laquelle il est destiné et doit être spécifiée dans la norme de produit correspondante; elle est caractérisée par une ou plusieurs des conditions de service suivantes:

- courant(s), exprimé(s) en multiple(s) du courant assigné d'emploi,
- tension(s), exprimée(s) en multiple(s) de la tension assignée d'emploi,
- facteur de puissance ou constante de temps,
- fonctionnement en court-circuit,
- sélectivité,
- autres conditions de service, suivant le cas.

Des exemples de catégories d'emploi pour l'appareillage à basse tension sont donnés à l'Annexe A.

5.5 Circuits de commande

5.5.1 Circuits commandés électriquement ou électroniquement

Les caractéristiques des circuits de commande électriques et électroniques sont les suivantes:

- nature du courant,
- fréquence assignée ou courant continu,
- tension assignée du circuit de commande, U_c (courant alternatif, courant continu),
- tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s (courant alternatif, courant continu), le cas échéant,
- consommation d'énergie.

NOTE Une distinction est faite entre la tension assignée du circuit de commande, U_c , et la tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , qui peut différer de U_c en raison de la présence de transformateurs intégrés, de redresseurs, de résistances, de circuits électroniques, etc.

Les conditions de fonctionnement satisfaisantes sont basées sur une tension d'alimentation du circuit de commande qui n'est pas inférieure à 85 % de sa valeur assignée U_s lorsque le courant circulant dans le circuit de commande atteint sa valeur la plus élevée, ni supérieure à 110 % de sa valeur assignée.

La partie électronique d'un électroaimant commandé électroniquement peut faire partie intégrante ou être une partie séparée à condition qu'elle soit une fonction intrinsèque de l'appareil. Dans les deux cas, l'appareil doit être soumis à essai avec cette partie électronique montée comme en usage normal.

L'Annexe U donne des exemples et des illustrations de différentes configurations de circuit (voir Figure U.1 à Figure U.5).

Les valeurs assignées et les caractéristiques des appareils pour circuits de commande doivent satisfaire aux exigences de la partie appropriée de l'IEC 60947-5 (toutes les parties).

5.5.2 Circuits de commande à air comprimé (pneumatiques ou électropneumatiques)

Les caractéristiques des circuits de commande à air comprimé sont:

- la pression assignée et ses limites;
- les volumes d'air, à la pression atmosphérique, exigés pour chaque manœuvre de fermeture et chaque manœuvre d'ouverture.

La pression assignée d'alimentation d'un matériel pneumatique ou électropneumatique est la pression d'air à partir de laquelle sont établies les caractéristiques de fonctionnement du dispositif de commande pneumatique.

5.6 Circuits auxiliaires

Les caractéristiques des circuits auxiliaires sont le nombre et la nature des contacts (contact "a", contact "b", etc.) de chacun de ces circuits et leurs caractéristiques assignées, conformément à l'IEC 60947-5 (toutes les parties).

Les caractéristiques des contacts et des interrupteurs auxiliaires doivent satisfaire aux exigences du document ci-dessus.

5.7 Relais et déclencheurs

Les caractéristiques suivantes des relais et des déclencheurs doivent être déclarées dans la norme de produit correspondante, le cas échéant:

- type du relais ou du déclencheur,
- valeurs assignées,
- courant de réglage ou domaine de courants de réglage,
- caractéristique temps-courant,
- influence de la température de l'air ambiant,
- fonctions étendues comme indiqué à l'Annexe T.

5.8 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

Le fabricant doit déclarer le type ou les caractéristiques du DPCC à utiliser avec ou dans le matériel, suivant le cas, ainsi que la valeur maximale du courant présumé de court-circuit auquel le matériel, y compris le DPCC, est adapté, à la ou aux tensions d'emploi déclarées.

L'IEC TR 61912-1 donne des recommandations relatives à la coordination avec les DPCC.

Voir l'Annexe X pour la coordination d'un disjoncteur ou d'un ACP avec un autre DPCC.

6 Informations sur le produit

6.1 Nature des informations

Les informations suivantes doivent être données par le fabricant, lorsqu'elles sont exigées par la norme de produit correspondante.

Identification:

- nom du fabricant ou marque de fabrique;
- désignation de type ou numéro de série;
- référence de la norme de produit correspondante, si le fabricant déclare y être conforme.

Caractéristiques:

- tensions assignées d'emploi (voir 5.3.1.1 et les notes de 6.2);
- catégorie d'emploi et courants assignés d'emploi (ou puissances assignées, ou courants permanents assignés), aux tensions assignées d'emploi du matériel (voir 5.3.1.1, 5.3.2.3, 5.3.2.4 et 5.4). Cette information peut, dans certains cas, avoir à être complétée par la valeur de la température de référence de l'air ambiant à laquelle le matériel a été étalonné;
- valeur de la ou des fréquences assignées, par exemple: 50 Hz, 50 Hz/60 Hz, et/ou l'indication "courant continu" ou le symbole $\equiv$ (IEC 60417-5031 (2002-10));
- service assigné, avec indication de la classe de service intermittent, s'il y a lieu (voir 5.3.4);
- pouvoirs assignés de fermeture et/ou de coupure. Ces indications peuvent être remplacées, le cas échéant, par l'indication de la catégorie d'emploi;
- tension assignée d'isolement (voir 5.3.1.2);
- tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.1.3);
- caractéristiques du relais ou déclencheur (voir 5.7);
- courant assigné de courte durée admissible ainsi que sa durée, le cas échéant (voir 5.3.6.1);
- pouvoirs assignés de fermeture et/ou de coupure en court-circuit, le cas échéant (voir 5.3.6.2 et 5.3.6.3);
- courant conditionnel de court-circuit assigné, le cas échéant (voir 5.3.6.4);
- indice IP, dans le cas d'un matériel sous enveloppe (voir Annexe C);
- degré de pollution (voir 7.1.3.2);
- type et caractéristiques assignées maximales du dispositif de protection contre les courts-circuits, le cas échéant;
- pour chaque circuit pertinent, adéquation à une utilisation dans un circuit TBTS/TBTP à la valeur maximale de la tension assignée d'emploi correspondante (voir l'IEC 61140 et l'Annexe N);
- tension assignée du circuit de commande, nature et fréquence du courant;
- tension d'alimentation du circuit de commande, nature et fréquence du courant si elles sont différentes de celles de la bobine de commande;
- pression assignée de l'air et limites des variations de pression (pour les matériels à commande pneumatique);
- aptitude au sectionnement;
- impédance de pôle de l'appareil de connexion (Z);
- déclaration de matière conformément à l'Annexe W;

- longueur à dénuder avant insertion du conducteur dans la borne;
- nombre maximal de conducteurs pouvant être bridés.

Pour les bornes sans vis non universelles:

- “s” ou “sol” pour les bornes déclarées pour conducteurs massifs;
- “r” pour les bornes déclarées pour conducteurs massifs et toronnés;
- “f” pour les bornes déclarées pour conducteurs souples.

Dans le cas des électroaimants commandés électroniquement, d'autres informations peuvent également être nécessaires, par exemple la configuration du circuit de commande (voir 5.5 et l'Annexe U).

6.2 Marquage

La norme de produit correspondante doit spécifier toutes les informations pertinentes, énumérées en 6.1, qui sont à marquer sur le matériel.

Les marquages doivent être indélébiles et facilement lisibles.

NOTE 1 Les marquages stipulant des caractéristiques assignées relatives à l'alimentation électrique sont décrits dans l'IEC 61293.

Le marquage du nom du fabricant ou de la marque de fabrique et de la désignation de type ou du numéro de série est obligatoire sur le matériel, de préférence sur la plaque signalétique, s'il y a lieu, de manière à permettre d'obtenir tous les renseignements auprès du fabricant.

NOTE 2 Aux Etats-Unis et au Canada, la tension assignée d'emploi, U_e , peut être marquée de la manière suivante:

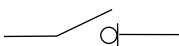
- sur le matériel pour emploi sur les réseaux triphasés à quatre fils, par la valeur de la tension entre phase et terre et par celle de la tension entre phases, par exemple 277 V/480 V;
- sur le matériel pour emploi sur des réseaux triphasés à trois fils, par la valeur de la tension entre phases, par exemple 480 V.

Les indications suivantes doivent également être marquées et visibles après le montage:

- sens du mouvement de l'organe de commande (voir 8.1.5.2), le cas échéant;
- indication de la position de l'organe de commande (voir aussi 8.1.6.1 et 8.1.6.2);
- symbole, code de couleur ou code littéral pour le matériel miniaturisé;
- identification et marquage des bornes, avec visibilité exigée uniquement pour l'accès aux bornes (voir 8.1.8.4);
- code IP, le cas échéant (marqué de préférence sur le matériel, lorsque cela est réalisable);
- classe du matériel, le cas échéant, conformément à l'IEC 61140;
- aptitude au sectionnement, le cas échéant, avec le symbole de la fonction de sectionnement conformément à l'IEC 60617-S00220 (2001-07), combiné avec le symbole de la fonction appropriée pour le matériel, par exemple:



pour un disjoncteur apte au sectionnement;



pour un interrupteur-sectionneur.

Ce symbole doit être:

- marqué clairement et sans ambiguïté;

- visible lorsque le matériel est installé comme en service et lorsque l'organe de commande est accessible.

Cette exigence s'applique au matériel qui n'est pas sous enveloppe, et au matériel sous enveloppe conformément à 8.1.11.

Cette exigence s'applique également lorsque le symbole est intégré dans un schéma de câblage et que ce schéma est le seul marquage indiquant l'aptitude au sectionnement.

Dans le cas des électroaimants commandés électroniquement, d'autres informations que celles indiquées en 6.1 peuvent également être nécessaires (voir aussi 5.5 et l'Annexe U).

L'indication "s", "sol", "r" ou "f" pour les bornes sans vis non universelles doit être marquée sur l'appareil ou, si l'espace est insuffisant, sur la plus petite unité d'emballage ou dans la documentation technique livrée avec le produit.

Dans le cas d'un groupe de bornes adjacentes, un marquage unique sur l'appareil est acceptable.

6.3 Instructions d'installation, de fonctionnement, de maintenance, de mise hors service et de démontage

Le fabricant doit spécifier dans ses documents ou catalogues les conditions d'installation, de fonctionnement et de maintenance, s'il y a lieu, du matériel en cours de fonctionnement et après un défaut. Le fabricant doit aussi spécifier les mesures à prendre vis-à-vis de la CEM, s'il y a lieu.

Pour les matériels adaptés uniquement à un environnement A (voir 8.3.1), le fabricant doit mentionner l'avertissement suivant à l'attention des clients potentiels, et le fournir avec le produit destiné aux utilisateurs:

AVERTISSEMENT

Ce produit a été conçu pour un environnement A. L'utilisation de ce produit dans un environnement B peut causer des perturbations électromagnétiques non désirées qui, dans ce cas, peuvent exiger de l'utilisateur qu'il prenne des mesures d'atténuation appropriées.

Si nécessaire, les instructions pour le transport, l'installation et le fonctionnement du matériel doivent préciser les mesures ayant une importance particulière pour l'installation convenable du matériel, sa réception et son fonctionnement.

Des informations supplémentaires concernant la mise hors service et le démontage du matériel doivent être mises à disposition de l'utilisateur dans le cas d'une condition dangereuse imprévisible de l'appareil, par exemple en raison de l'énergie emmagasinée, de l'instabilité ou de la chute d'objets, etc.

Les documents ci-dessus doivent indiquer l'étendue et la fréquence recommandées pour la maintenance, s'il y a lieu.

NOTE 1 Tous les matériels visés par le présent document ne sont pas nécessairement conçus pour subir des interventions de maintenance.

Pour chaque danger potentiel concerné, le fabricant doit spécifier des signaux de sécurité, des symboles graphiques ou des notes de sécurité concernant le danger, par exemple en utilisant le symbole IEC 60417-5036 (2002-10). Les mots concernant les alertes doivent être définis conformément à l'ISO 3864-2.

NOTE 2 L'IEC/IEEE 82079-1 donne des recommandations pour l'élaboration des instructions de sécurité.

6.4 Informations relatives à l'environnement

Les déclarations de matière conformément à l'Annexe W doivent être fournies, si cela est exigé, par la norme de produit correspondante.

NOTE La future publication IEC TS 63058 donnera la méthode permettant d'évaluer l'impact environnemental de l'appareillage.

7 Conditions de service normal, de montage et de transport

7.1 Conditions de service normal

7.1.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant n'excède pas +40 °C et sa moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant est de –5 °C.

La température de l'air ambiant est celle qui existe au voisinage du matériel s'il est fourni sans enveloppe, ou au voisinage de l'enveloppe s'il est fourni avec une enveloppe.

Les matériels destinés à être utilisés dans des endroits où la température de l'air ambiant dépasse +40 °C (par exemple dans des forges, des chaufferies, des pays tropicaux) ou est inférieure à –5 °C (par exemple –25 °C, comme exigé par l'IEC 61439 (toutes les parties) pour les ensembles d'appareillage à basse tension installés à l'extérieur) doivent être conçus et utilisés conformément à la norme de produit correspondante ou, le cas échéant, conformément à un accord passé entre le fabricant et l'utilisateur. Les renseignements donnés dans la documentation du fabricant peuvent tenir lieu d'un tel accord.

NOTE La ou les températures de l'air ambiant pour certains types de matériels, tels que disjoncteurs ou relais de surcharge pour démarreurs, sont indiquées dans la norme de produit correspondante.

7.1.2 Altitude

L'altitude du lieu où le matériel est installé n'excède pas 2 000 m.

Pour les matériels destinés à être utilisés à des altitudes supérieures, il est nécessaire de tenir compte de la diminution de la rigidité diélectrique et du pouvoir réfrigérant de l'air. Le matériel électrique destiné à fonctionner dans ces conditions doit être conçu et utilisé conformément à un accord passé entre le fabricant et l'utilisateur. Les renseignements donnés dans la documentation du fabricant peuvent tenir lieu d'un tel accord.

7.1.3 Conditions atmosphériques

7.1.3.1 Humidité

Le degré d'humidité relative de l'air ne dépasse pas 50 % à la température maximale de +40 °C. Des degrés d'humidité relative plus élevés peuvent être admis à des températures plus basses, par exemple 90 % à +20 °C. Des précautions spéciales peuvent être nécessaires en cas de condensation occasionnelle provoquée par des variations de température.

NOTE Les degrés de pollution définis en 7.1.3.2 définissent les conditions d'environnement de manière plus précise.

7.1.3.2 Degré de pollution

Le degré de pollution (voir 3.7.57) se rapporte aux conditions d'environnement auxquelles le matériel est destiné.

NOTE 1 C'est le microenvironnement de la ligne de fuite ou de la distance d'isolement, et non l'environnement du matériel, qui influe sur l'isolement. Le microenvironnement peut être meilleur ou pire que l'environnement du matériel. Il comprend tous les facteurs qui influent sur l'isolement, tels que les conditions climatiques et électromagnétiques, la création de pollution, etc.

Pour le matériel destiné à être utilisé dans une enveloppe ou muni d'une enveloppe intégrée, le degré de pollution à l'intérieur de l'enveloppe s'applique.

Pour évaluer les distances d'isolement et les lignes de fuite, les quatre degrés de pollution suivants ont été définis au niveau du microenvironnement (les distances d'isolement et les lignes de fuite sont données au Tableau 13 et au Tableau 15, en fonction des différents degrés de pollution):

Degré de pollution 1:

Pas de pollution ou seulement une pollution sèche non conductrice.

Degré de pollution 2:

Présence normale d'une pollution uniquement non conductrice. Cependant, une conductivité temporaire provoquée par la condensation peut se produire occasionnellement.

Degré de pollution 3:

Présence d'une pollution conductrice ou d'une pollution sèche non conductrice, qui devient conductrice du fait de la condensation.

Degré de pollution 4:

La pollution provoque une conductivité persistante, causée par exemple par de la poussière conductrice ou par de la neige ou de la pluie.

Degré de pollution normal pour les applications industrielles:

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, le matériel pour applications industrielles est en général destiné à être utilisé dans un environnement de degré de pollution 3. Toutefois, les autres degrés de pollution peuvent s'appliquer en fonction du microenvironnement ou d'emplois spécifiques.

NOTE 2 Le degré de pollution du microenvironnement du matériel peut être influencé par l'installation de celui-ci dans une enveloppe.

Degré de pollution normal pour les applications domestiques et similaires:

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, le matériel pour applications domestiques et similaires est en général destiné à être utilisé dans un environnement de degré de pollution 2.

7.1.4 Chocs et vibrations

Les conditions normales de chocs et de vibrations auxquelles le matériel peut être soumis doivent être spécifiées dans la norme de produit, ou faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant. Voir l'Annexe Q pour les classifications et les essais relatifs aux chocs et vibrations.

7.2 Conditions pendant le transport et le stockage

Un accord spécial doit être conclu entre l'utilisateur et le fabricant si les conditions pendant le transport et le stockage, par exemple température et humidité, diffèrent de celles qui sont définies en 7.1. Toutefois, sauf spécification contraire, la plage de températures suivante s'applique pendant le transport et le stockage: entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ et, pour de courtes périodes n'excédant pas 24 h, jusqu'à $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les matériels soumis à ces températures extrêmes hors fonctionnement ne doivent subir aucun dommage irréversible et doivent ensuite fonctionner normalement dans les conditions spécifiées.

7.3 Montage

Le matériel doit être monté suivant les indications du fabricant.

8 Exigences relatives à la construction et aux performances

8.1 Exigences relatives à la construction

8.1.1 Généralités

Le matériel avec le cas échéant son enveloppe, intégrée ou non, doit être conçu et construit de façon à résister aux contraintes subies pendant son installation et en service normal, et il doit en outre avoir un degré spécifique de résistance à la chaleur anormale et au feu.

Les exigences relatives au fil incandescent pour les matériaux d'enveloppe non intégrée sont données dans les normes appropriées, par exemple l'IEC 62208.

La partie accessible du produit, et notamment les organes de manœuvre, ne doit pas présenter d'arêtes vives ni d'angles susceptibles de provoquer des blessures.

NOTE L'Annexe B de l'ISO 13715:2017, donne des informations supplémentaires sur les exemples d'arêtes.

Le besoin de réduire les impacts d'un produit sur l'environnement naturel pendant toutes les phases de sa vie est reconnu. Une aide dans l'étude des aspects environnementaux relatifs aux produits couverts par la série IEC 60947 est donnée à l'Annexe O.

8.1.2 Matériaux

8.1.2.1 Exigences générales relatives aux matériaux

Les pièces en matériau isolant susceptibles d'être exposées aux contraintes thermiques dues aux effets de l'électricité dans le matériel ne doivent pas être affectées défavorablement par une chaleur anormale et par le feu.

NOTE Les aspects relatifs aux dangers du feu sont détaillés dans l'IEC TR 63054.

Le fabricant doit spécifier la méthode d'essai à utiliser, entre celle donnée en 8.1.2.2 et celle donnée en 8.1.2.3.

8.1.2.2 Essai au fil incandescent

L'adéquation des matériaux utilisés est vérifiée:

- a) en réalisant des essais sur le matériel; ou
- b) en réalisant des essais sur des parties prises sur le matériel; ou
- c) en réalisant des essais sur une quelconque partie de matériau identique et d'épaisseur représentative; ou

- d) en fournissant des données issues du fabricant du matériau isolant qui satisfont aux exigences de l'IEC 60695-2-12.

L'aptitude doit être déterminée par rapport à la résistance à la chaleur anormale et au feu.

Le fabricant doit indiquer quelles sont les méthodes, parmi a), b), c) et d), qui doivent être utilisées.

Lorsqu'un matériau identique ayant des sections représentatives a déjà satisfait aux exigences d'un quelconque essai de 9.2.2, ces essais peuvent ne pas être répétés.

Les essais sur le matériel doivent être ceux de l'essai au fil incandescent sur le produit final de l'IEC 60695-2-10 et de l'IEC 60695-2-11.

Les pièces de matériau isolant nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent de 9.2.2.1 à une température d'essai de 850 °C ou 960 °C selon le risque au feu attendu. Les normes de produits doivent spécifier la valeur appropriée pour le produit, en tenant compte de l'Annexe A de l'IEC 60695-2-11:2014.

Les pièces de matériau isolant autres que celles spécifiées à l'alinéa précédent doivent satisfaire aux exigences de l'essai au fil incandescent de 9.2.2.1 à la température de 650 °C.

NOTE Pour les petites pièces, comme spécifié dans l'IEC 60695-2-11, la norme de produit correspondante peut spécifier un autre essai (par exemple l'essai au brûleur-aiguille selon l'IEC 60695-11-5). La même procédure peut également s'appliquer pour des raisons pratiques, lorsque la pièce métallique est grande comparée au matériau isolant (par exemple blocs de jonction). L'essai au brûleur-aiguille est utilisé comme essai en variante, permettant de satisfaire aux exigences de résistance à la propagation de la flamme des applications embarquées.

8.1.2.3 Essai selon la catégorie d'inflammabilité

Pour les pièces de matériau isolant, l'essai d'inflammation au fil chauffant (HWI, Hot Wire Ignition) et, le cas échéant, l'essai d'inflammation à l'arc (AI, Arc Ignition) spécifiés en 9.2.2.2, doivent être réalisés selon la catégorie d'inflammabilité.

Les essais sur les matériaux doivent être réalisés conformément à l'Annexe M. Les exigences relatives aux valeurs obtenues aux essais d'inflammation au fil chauffant et d'inflammation à l'arc, en fonction de la catégorie d'inflammabilité du matériau, doivent être conformes au Tableau M.1 ou au Tableau M.2.

En variante, le fabricant peut fournir des informations données par le fournisseur du matériau isolant satisfaisant aux exigences spécifiées dans l'Annexe M.

8.1.3 Parties transportant le courant et leurs connexions

Les parties transportant le courant doivent présenter la résistance mécanique et le courant admissible nécessaires à leur utilisation prévue.

Pour les connexions électriques, aucune pression de contact ne doit être transmise par des matériaux isolants autres que la céramique ou d'autres matériaux présentant des caractéristiques au moins équivalentes, à moins que les parties métalliques ne possèdent une élasticité suffisante pour compenser tout rétrécissement ou fléchissement éventuel du matériau isolant.

La vérification doit être effectuée par examen et par la réalisation des séquences d'essais conformément à la norme de produit correspondante.

NOTE Aux Etats-Unis l'utilisation d'organes de serrage, dans lesquels la pression de contact est transmise à travers des matériaux isolants autres que la céramique, est admise uniquement dans les cas suivants:

- 1) lorsque l'organe de serrage est une partie d'un bloc de jonction;

- 2) lorsqu'un essai en température montre que les limites de température du matériau isolant et des bornes, en accord avec la norme de produit, ne sont pas dépassées;
- 3) lorsqu'un métal élastique est utilisé dans la fabrication de l'organe de serrage afin de compenser la perte de pression due à la déformation du matériau isolant.

8.1.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

8.1.4.1 Généralités

Pour un matériel soumis à essai conformément à la norme de produit le concernant, faisant référence à 9.3.3.4 du présent document, les valeurs minimales sont données dans le Tableau 13 et le Tableau 15.

Les exigences électriques sont données en 8.2.3.

Dans les autres cas, la norme de produit correspondante donne des recommandations pour les valeurs minimales.

La Figure G.1 et la Figure G.2 donnent des informations sur les méthodes de mesure des distances d'isolement et lignes de fuite.

8.1.4.2 Barrières de coordination de l'isolement pour les lignes de fuite

Si une isolation solide fait office de barrière de coordination de l'isolement pour respecter les lignes de fuite exigées, le matériau utilisé doit satisfaire aux exigences de fil incandescent de 8.1.2.2 ou aux exigences d'inflammabilité de 8.1.2.3.

8.1.4.3 Barrières de coordination de l'isolement pour les distances d'isolement

Si une isolation solide fait office de barrière de coordination de l'isolement pour respecter les distances d'isolement exigées et qu'elle ne prend pas physiquement en charge ni ne maintient la position relative des parties non isolées concernées, le matériau de la barrière doit satisfaire aux exigences de fil incandescent de 8.1.2.2 et doit satisfaire aux exigences d'essai au fil incandescent de 9.2.2.1 à une température de 650 °C ou aux valeurs AI du Tableau M.2. En variante, le matériau doit satisfaire aux exigences de 8.1.4.2.

8.1.5 Organe de commande

8.1.5.1 Isolement

L'organe de commande du matériel doit être isolé des parties actives pour la tension assignée d'isolement et, le cas échéant, la tension assignée de tenue aux chocs.

En outre:

- s'il est en métal, il doit pouvoir être raccordé de façon satisfaisante à un conducteur de protection sauf s'il est pourvu d'une isolation supplémentaire appropriée;
- toutes ses parties métalliques internes, susceptibles de devenir accessibles en cas de défaut d'isolement, doivent aussi être isolées des parties actives pour la tension assignée d'isolement.

8.1.5.2 Sens du mouvement

Le sens du mouvement des organes de commande des appareils doit normalement être conforme à l'IEC 60447. Lorsque des appareils ne peuvent pas satisfaire à ces exigences, par exemple en raison d'applications spéciales ou de positions de montage en variante, ils doivent porter un marquage clair afin qu'il n'y ait pas de doute sur les positions "I" et "O", ni sur le sens de manœuvre.

8.1.6 Indication de la position des contacts

8.1.6.1 Dispositifs indicateurs

Lorsqu'un matériel est muni de dispositifs indiquant la position de fermeture et la position d'ouverture, ces positions doivent être distinctes et nettement repérées lorsque le dispositif est accessible. Cette indication est donnée par un indicateur de position (voir 3.5.18).

NOTE Lorsqu'une enveloppe supplémentaire est utilisée, l'indication n'est pas toujours visible de l'extérieur.

La norme de produit correspondante peut spécifier si le matériel est à fournir avec un tel indicateur.

Si des symboles sont utilisés, ceux-ci doivent être employés pour indiquer respectivement la position de fermeture et la position d'ouverture, conformément à l'IEC 60417:

IEC 60417-5007 (2002-10)		Marche (mise sous tension)
IEC 60417-5008 (2002-10)	○	Arrêt (mise hors tension)

Pour les matériels manœuvrés à l'aide de deux boutons-poussoirs, seul le bouton-poussoir destiné à la manœuvre d'ouverture doit être rouge, ou marqué du symbole "O".

La couleur rouge ne doit être utilisée pour aucun autre bouton-poussoir.

Les couleurs des autres boutons-poussoirs, des boutons-poussoirs lumineux et des voyants lumineux doivent être conformes à l'IEC 60073.

8.1.6.2 Indication par l'organe de commande

Lorsque l'organe de commande est utilisé pour indiquer la position des contacts, il doit automatiquement, lorsqu'il est relâché, se mettre ou rester à la position correspondant à celle des contacts mobiles; dans ce cas, l'organe de commande doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à celles des contacts mobiles, mais une troisième position distincte de l'organe de commande peut être prévue, en cas d'ouverture automatique.

8.1.7 Exigences supplémentaires pour les matériels aptes au sectionnement

8.1.7.1 Exigences supplémentaires relatives à la construction

NOTE 1 Aux Etats-Unis, les appareils satisfaisant à ces exigences supplémentaires ne sont pas acceptés comme assurant le sectionnement par eux-mêmes. Les exigences relatives au sectionnement et les procédures sont couvertes par les règlements fédéraux correspondants et les normes de maintenance.

Les matériels aptes au sectionnement doivent assurer en position d'ouverture (voir 3.6.21) une distance de sectionnement conforme aux exigences nécessaires pour accomplir la fonction de sectionnement (voir 8.2.3.2 et 8.2.7). L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou plusieurs des dispositifs suivants:

- la position de l'organe de commande,
- un indicateur mécanique séparé,
- la visibilité de tous les contacts mobiles principaux.

L'efficacité de chacun des dispositifs d'indication équipant le matériel et leur tenue mécanique doit être vérifiée selon 9.2.6.

Lorsque les dispositifs pour verrouiller le matériel en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le fabricant, le verrouillage dans cette position ne doit être possible que lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture. Ceci doit être vérifié selon 9.2.6.

Le matériel doit être conçu de telle façon que l'organe de commande, la plaque avant ou le couvercle soient fixés au matériel en assurant une indication correcte de la position de contact et le verrouillage, s'il existe.

NOTE 2 Le verrouillage en position de fermeture peut être utilisé pour des applications spécifiques.

Lorsque des contacts auxiliaires sont fournis pour assurer l'interverrouillage, la durée de fonctionnement des contacts auxiliaires et des contacts principaux doit être déclarée par le fabricant. Des exigences plus spécifiques peuvent être données dans la norme de produit correspondante.

La position d'ouverture indiquée est la seule position dans laquelle la distance de sectionnement spécifiée entre les contacts est assurée.

Pour le matériel pourvu sur l'organe de commande ou sur l'indicateur de positions telles que "position déclenchée", qui ne correspondent pas à la position d'ouverture indiquée, ces positions doivent être identifiées sans ambiguïté. Le marquage de telles positions ne doit pas comprendre les symboles "I" ou "O".

Un organe de commande qui n'a qu'une seule position de repos ne doit pas être considéré comme approprié pour indiquer la position du contact principal.

8.1.7.2 Exigences supplémentaires pour le matériel assurant le verrouillage électrique avec des contacteurs ou des disjoncteurs

Lorsqu'un matériel apte au sectionnement est équipé d'un interrupteur auxiliaire pour le verrouillage électrique avec un ou des contacteurs ou disjoncteurs, et qu'il est destiné à être utilisé dans des circuits de moteur, les exigences suivantes doivent s'appliquer, sauf si le matériel est classé pour la catégorie d'emploi AC-23.

Un interrupteur auxiliaire doit être classé selon l'IEC 60947-5-1 comme déclaré par le fabricant.

L'intervalle de temps entre les ouvertures des contacts de l'interrupteur auxiliaire et des contacts des pôles principaux doit être suffisant pour que le contacteur ou le disjoncteur associé coupe le courant avant l'ouverture des pôles principaux du matériel.

Sauf spécification contraire dans la documentation technique du fabricant, l'intervalle de temps ne doit pas être inférieur à 20 ms lorsque le matériel est manœuvré selon les instructions du fabricant.

La vérification doit être effectuée en mesurant l'intervalle de temps entre l'instant de l'ouverture de l'interrupteur auxiliaire et l'instant de l'ouverture à vide des pôles principaux lorsque le matériel est manœuvré selon les instructions du fabricant.

Pendant la manœuvre de fermeture, les contacts de l'interrupteur auxiliaire doivent se fermer après ou en même temps que les contacts des pôles principaux.

Un intervalle de durée d'ouverture convenable peut également être assuré par une position intermédiaire (entre les positions "Marche" et "Arrêt") pour laquelle le ou les contacts de verrouillage sont ouverts et les pôles principaux restent fermés.

8.1.7.3 Exigences supplémentaires pour le matériel équipé de moyens de verrouillage par cadenas de la position d'ouverture

Les moyens de verrouillage doivent être conçus de telle façon qu'ils ne puissent pas être retirés lorsque le ou les cadenas appropriés sont installés. Lorsque le matériel est verrouillé même par un seul cadenas, il ne doit pas être possible, en manœuvrant l'organe de

commande, de réduire la distance d'isolement entre les contacts ouverts de telle façon qu'elle ne satisfasse plus aux exigences de 8.2.3.2 1) b).

En variante, la conception peut fournir des moyens de verrouillage par cadenas empêchant l'accès à l'organe de commande.

La conformité aux exigences relatives au verrouillage par cadenas de l'organe de commande doit être vérifiée en utilisant un cadenas spécifié par le fabricant, ou un calibre équivalent fournissant les conditions les plus défavorables, pour simuler un verrouillage. La force, F , spécifiée en 9.2.6.2.1, doit être appliquée à l'organe de commande afin d'essayer de manœuvrer le matériel de la position d'ouverture à la position de fermeture. La force F étant maintenue, le matériel doit être soumis à une tension d'essai entre les contacts ouverts. Le matériel doit être en mesure de supporter la tension d'essai exigée conformément au Tableau 14, pour la tension assignée de tenue aux chocs.

8.1.8 Bornes

8.1.8.1 Exigences relatives à la construction

Toutes les pièces des bornes qui maintiennent le contact et le passage du courant doivent être en métal de résistance mécanique adéquate.

Les raccordements par bornes doivent être exécutés de telle sorte que la force permettant de raccorder les conducteurs puisse être appliquée à l'aide de vis, d'organes sans vis ou d'autres moyens équivalents, permettant d'assurer en permanence la pression de contact nécessaire.

Les bornes doivent être réalisées de façon telle que les conducteurs puissent être fixés entre des surfaces adéquates sans dommage significatif sur les conducteurs ou les bornes.

Les bornes ne doivent pas permettre aux conducteurs de se déplacer, ni pouvoir être elles-mêmes déplacées d'une façon qui soit nuisible au fonctionnement du matériel, et la tension d'isolement ne doit pas tomber au-dessous des valeurs assignées.

Si cela est exigé par l'application, les bornes et les conducteurs peuvent être raccordés à l'aide de cosses pour conducteurs en cuivre uniquement (voir Tableau P.1).

NOTE Des exemples de dimensions hors-tout de cosses d'extrémité pouvant être directement raccordées à des bornes à goujon fileté du matériel sont donnés à l'Annexe P.

Les organes de serrage sans vis, sauf spécification contraire du fabricant, doivent accepter les conducteurs massifs, conducteurs toronnés et âme souple, comme indiqué dans le Tableau 1.

Sur un organe de serrage sans vis, la connexion ou la déconnexion des conducteurs doit être effectuée de la façon suivante:

- sur les organes de serrage universels, en utilisant un outil d'usage courant ou un dispositif approprié, incorporé à l'organe de serrage et servant à l'ouvrir afin de permettre l'insertion ou le retrait des conducteurs;
- sur les organes de serrage pousse-fil, par simple insertion. Pour la déconnexion des conducteurs, une manœuvre autre qu'une traction sur le conducteur uniquement doit être nécessaire. L'utilisation d'un outil d'usage courant ou d'un dispositif approprié, incorporé à l'organe de serrage, est autorisée afin de l'"ouvrir" et de faciliter l'insertion ou le retrait du conducteur.

Des exemples de bornes sont donnés à l'Annexe D (voir Figure D.1 à Figure D.8).

Les exigences de ce paragraphe doivent être vérifiées par les essais de 9.2.5.2, 9.2.5.3 et 9.2.5.4, suivant le cas.

8.1.8.2 Capacité de raccordement

Le fabricant doit déclarer le type (conducteur massif, conducteur toronné ou âme souple), les sections minimale et maximale des conducteurs convenant à la borne, et, le cas échéant, le nombre de conducteurs raccordables simultanément à la borne. Toutefois, la section maximale ne doit pas être inférieure à celle qui est déclarée en 9.3.3.3 pour l'essai d'échauffement et la borne doit être adaptée à un conducteur du même type (conducteur massif, conducteur toronné ou âme souple), inférieur d'au moins deux tailles, comme indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 1.

Les valeurs nominales des sections des conducteurs ronds en cuivre (exprimées à la fois en unités du système métrique et en dimensions dans le système AWG/kcmil) sont indiquées dans le Tableau 1, qui donne aussi la relation approximative entre les dimensions des conducteurs exprimées suivant le système métrique de l'ISO et celles exprimées suivant le système AWG/kcmil.

8.1.8.3 Raccordement

Les bornes pour le raccordement des conducteurs externes doivent être aisément accessibles au cours de l'installation.

Les vis et écrous de serrage ne doivent pas être utilisés pour la fixation d'un quelconque autre composant, bien qu'ils puissent maintenir les bornes à leur place ou les empêcher de tourner.

8.1.8.4 Identification et marquage des bornes

Les bornes doivent être identifiées de façon claire et permanente conformément à l'IEC 60445 et à l'Annexe L, sauf autre exigence de la norme de produit correspondante.

Les bornes destinées exclusivement au raccordement du conducteur neutre doivent être repérées par la lettre "N", conformément à l'IEC 60445.

La borne de terre de protection doit être repérée conformément à 8.1.10.3.

8.1.9 Exigences supplémentaires pour les matériels dotés d'un pôle neutre

Lorsqu'un matériel est doté d'un pôle destiné exclusivement au raccordement du conducteur neutre, ce pôle doit être clairement repéré à cet effet par la lettre "N" (voir 8.1.8.4).

Un pôle neutre interrompu ne doit pas couper le courant avant les autres pôles et ne doit pas établir le courant après les autres pôles.

Si un pôle ayant un pouvoir de coupure et de fermeture en court-circuit approprié (voir 3.7.14 et 3.7.15) est utilisé comme pôle neutre, alors tous les pôles, y compris le pôle neutre, peuvent substantiellement fonctionner ensemble.

Le pôle neutre peut être muni d'un déclencheur à maximum de courant.

Pour un matériel dont la valeur du courant thermique conventionnel à l'air libre ou sous enveloppe (voir 5.3.2.1 et 5.3.2.2) ne dépasse pas 63 A, cette valeur doit être la même pour tous les pôles.

Pour des valeurs supérieures du courant thermique conventionnel, le pôle neutre peut avoir une valeur de courant thermique conventionnel différente de celle des autres pôles, mais au

moins égale à la moitié de cette valeur ou 63 A, la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

8.1.10 Dispositions pour assurer la mise à la terre de protection

8.1.10.1 Exigences relatives à la construction

Les masses (par exemple châssis, radiateur, bâti et parties fixes des enveloppes métalliques) autres que celles qui ne peuvent pas constituer un danger doivent être électriquement réunies entre elles et reliées à une borne de terre de protection pour le raccordement à un conducteur de terre de protection.

NOTE 1 Cette note ne s'applique qu'à la version anglaise.

Cette exigence peut être satisfaite par les parties normales de construction qui offrent une continuité électrique convenable et s'applique au matériel utilisé seul ou incorporé dans un ensemble.

NOTE 2 Si nécessaire, des exigences et des essais peuvent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

Les masses sont considérées comme ne constituant pas un danger si elles ne peuvent pas être touchées sur de grandes surfaces ou saisies à la main, ou si elles sont de petite taille (environ 50 mm × 50 mm), ou disposées de telle sorte qu'elles excluent tout contact avec des parties actives.

Des exemples de telles masses sont les vis, rivets, plaques signalétiques, noyaux de transformateurs, électroaimants d'appareils de connexion et certaines pièces de déclencheurs, quelle que soit leur taille.

8.1.10.2 Borne de terre de protection

La borne de terre de protection doit être aisément accessible et disposée de telle manière que la liaison du matériel au conducteur de terre de protection subsiste lorsque le couvercle ou toute autre partie amovible est enlevé. La section du conducteur de protection doit être conforme au Tableau 25.

La borne de terre de protection doit être convenablement protégée contre la corrosion.

Dans le cas de matériels dotés de structures conductrices, d'enveloppes, etc., des dispositions doivent être prises si nécessaire pour assurer la continuité électrique entre les masses du matériel et la gaine métallique des conducteurs de raccordement.

La borne de terre de protection ne doit pas avoir d'autre fonction, sauf quand elle est destinée à être raccordée à un conducteur PEN (voir 3.3.29), un conducteur PEM (voir 3.3.28) ou un conducteur PEL (voir 3.3.30). Dans ce cas, elle doit avoir également la fonction d'une borne de neutre, d'une borne de point milieu ou d'une borne d'alimentation reliée à la terre, et satisfaire en outre aux exigences applicables à la borne de terre de protection.

8.1.10.3 Identification et marquage de la borne de terre de protection

La borne de terre de protection doit être identifiée de façon claire et permanente par son marquage.

L'identification doit être réalisée par la couleur (vert-jaune) ou par la notation PE, PEN, PEM ou PEL, suivant le cas, conformément à 7.3 de l'IEC 60445:2017, ou par un symbole graphique sur le matériel.

Le symbole graphique à utiliser est le symbole:

60417-5019 (2006-08)  Terre de protection

conformément à la base de données de l'IEC 60417.

NOTE Le symbole  (60417-5017 (2006-08)), recommandé précédemment, est progressivement remplacé par le symbole à privilégier 60417-5019, donné ci-dessus.

8.1.10.4 Continuité à la terre de protection

Toutes les masses du matériel et/ou son enveloppe doivent être adéquatement raccordées à la borne accueillant le conducteur de protection externe.

La résistance du circuit entre la masse et la borne de terre de protection ne doit pas dépasser 0,1 Ω .

8.1.11 Enveloppes dédiées pour le matériel

8.1.11.1 Conception

L'enveloppe doit être conçue de telle sorte que, lorsqu'elle est ouverte et que les autres dispositifs de protection, le cas échéant, sont retirés, toutes les parties auxquelles il est exigé d'accéder pour l'installation ou la maintenance, selon les prescriptions du fabricant, soient facilement accessibles.

Un espace suffisant doit être ménagé à l'intérieur de l'enveloppe pour le passage des conducteurs externes, depuis leur entrée dans l'enveloppe jusqu'aux bornes, pour assurer un raccordement adéquat.

Les parties fixes d'une enveloppe métallique doivent être reliées électriquement aux autres masses du matériel et raccordées à une borne permettant leur raccordement à la terre ou à un conducteur de protection.

En aucun cas, une partie métallique amovible de l'enveloppe ne doit, lorsqu'elle est en place, se trouver isolée de la partie où est fixée la borne de terre.

Les parties amovibles de l'enveloppe doivent être solidement assujetties aux parties fixes par un dispositif tel qu'elles ne puissent se desserrer ni se détacher fortuitement en raison du fonctionnement du matériel ou sous l'effet de ses vibrations.

Quand une enveloppe est conçue de façon à permettre l'ouverture de couvercles sans l'aide d'outils, des moyens doivent être fournis pour éviter la perte des dispositifs de fixation.

Une enveloppe intégrée est considérée comme une partie non amovible.

Lorsque l'enveloppe est utilisée pour le montage de boutons-poussoirs, il convient que le démontage de ces boutons se fasse depuis l'intérieur de l'enveloppe. Le démontage depuis l'extérieur de l'enveloppe doit uniquement être réalisé à l'aide d'un outil prévu à cet effet.

8.1.11.2 Isolement

Si, afin d'empêcher un contact accidentel entre une enveloppe métallique et les parties actives, l'enveloppe est complètement ou partiellement revêtue d'un matériau isolant, ce revêtement doit être solidarisé à l'enveloppe de façon sûre.

8.1.12 Degrés de protection du matériel sous enveloppe

Les degrés de protection du matériel sous enveloppe et les essais correspondants figurent à l'Annexe C.

8.1.13 Traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques

Les enveloppes en polymère du matériel, intégrées ou non, fournies avec des entrées pour conduit taraudées, destinées à une connexion avec des conduits métalliques filetés très lourds rigides, conformes à l'IEC 60981, doivent supporter les contraintes qui apparaissent lors de l'installation telles que traction, torsion et flexion.

La vérification doit être effectuée par l'essai de 9.2.8.

8.2 Exigences relatives aux performances

8.2.1 Conditions de fonctionnement

8.2.1.1 Généralités

Les exigences suivantes s'appliquent à un matériel propre et neuf, sauf spécification contraire de la norme de produit correspondante.

Le matériel doit être manœuvré selon les instructions du fabricant ou celles de la norme de produit correspondante, en particulier pour le matériel à manœuvre dépendante manuelle pour lequel les pouvoirs de fermeture et de coupure peuvent dépendre de l'habileté de l'opérateur.

8.2.1.2 Limites de fonctionnement des matériels à manœuvre à source d'énergie extérieure

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, la fermeture des matériels électromagnétiques et électropneumatiques doit être assurée pour une quelconque tension d'alimentation du circuit de commande comprise entre 85 % et 110 % de sa valeur assignée, U_s , et pour une température de l'air ambiant comprise entre -5 °C et $+40\text{ °C}$. Ces limites s'appliquent au courant continu ou au courant alternatif, suivant le cas.

Pour les matériels pneumatiques et électropneumatiques, les limites de la pression d'alimentation d'air sont, sauf spécification contraire, 85 % et 110 % de la pression assignée.

Lorsqu'un domaine de fonctionnement est annoncé, la valeur de 85 % doit s'appliquer à la valeur inférieure du domaine et la valeur de 110 % doit s'appliquer à la valeur supérieure du domaine.

NOTE Les limites de fonctionnement des matériels à accrochage font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Pour les matériels électromagnétiques et électropneumatiques, la tension de retombée ne doit pas être supérieure à 75 % de la tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , ni inférieure à 20 % de U_s dans le cas du courant alternatif à la fréquence assignée, ou 10 % de U_s dans le cas du courant continu.

Les valeurs limites entre lesquelles un matériel, doté d'un électroaimant commandé électroniquement, doit retomber et s'ouvrir complètement sont les suivantes:

- pour le courant continu: entre 75 % et 10 % de leur tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s ;
- pour le courant alternatif: entre 75 % et 20 % de leur tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , ou entre 75 % et 10 % de leur tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , si le fabricant le spécifie.

Pour les matériels pneumatiques et électropneumatiques, l'ouverture doit avoir lieu, sauf spécification contraire, pour une pression comprise entre 75 % et 10 % de la pression assignée.

Lorsqu'un domaine de fonctionnement est annoncé, la valeur de 20 % ou 10 %, selon le cas, doit s'appliquer à la valeur supérieure du domaine et la valeur de 75 % à la valeur inférieure du domaine.

Dans le cas des bobines, les valeurs limites pour la retombée s'appliquent lorsque la résistance du circuit de la bobine est égale à celle obtenue à -5°C . Ceci peut être vérifié par le calcul en se servant des valeurs obtenues à la température normale de l'air ambiant.

Il peut être nécessaire de spécifier le temps de retombée pour certaines applications spécifiques. Dans ce cas, le temps de retombée doit être mesuré durant l'essai associé à la vérification du présent paragraphe.

8.2.1.3 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs à minimum de tension

a) Tension de fonctionnement

Un relais ou déclencheur à minimum de tension, lorsqu'il est associé à un appareil de connexion, doit provoquer l'ouverture du matériel, même lorsque la tension décroît lentement, pour une valeur comprise entre 70 % et 35 % de sa tension assignée.

NOTE Un déclencheur à manque de tension est un type particulier de déclencheur à minimum de tension pour lequel la tension de fonctionnement est comprise entre 35 % et 10 % de la tension assignée d'alimentation.

Un relais ou déclencheur à minimum de tension doit empêcher la fermeture du matériel lorsque sa tension d'alimentation est inférieure à 35 % de la tension assignée de ce relais ou de ce déclencheur; il doit permettre la fermeture du matériel à des tensions d'alimentation supérieures ou égales à 85 % de sa valeur assignée.

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, la limite supérieure de la tension d'alimentation doit être 110 % de sa valeur assignée.

Les valeurs indiquées ci-dessus s'appliquent aussi bien en courant continu qu'en courant alternatif à la fréquence assignée.

b) Durée de fonctionnement

Pour un relais ou déclencheur à minimum de tension temporisé, le retard doit être mesuré depuis l'instant où la tension atteint la valeur de fonctionnement jusqu'à celui où le relais ou le déclencheur actionne le dispositif de déclenchement du matériel.

8.2.1.4 Limites de fonctionnement des déclencheurs shunt

Un déclencheur shunt d'ouverture doit provoquer le déclenchement pour toutes les conditions de fonctionnement du matériel lorsque la tension d'alimentation du déclencheur shunt, mesurée pendant la manœuvre de déclenchement, reste comprise entre 70 % et 110 % de la tension assignée d'alimentation du circuit de commande et, dans le cas du courant alternatif, à la fréquence assignée.

8.2.1.5 Limites de fonctionnement des relais et déclencheurs différentiels

Les limites de fonctionnement des relais et déclencheurs différentiels doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

NOTE L'expression "relais et déclencheurs différentiels" englobe les relais ou déclencheurs à maximum de courant, les relais ou déclencheurs de surcharge, les relais ou déclencheurs à retour de courant, etc.

8.2.2 Echauffement

8.2.2.1 Généralités

L'échauffement des parties d'un matériel, mesuré au cours d'un essai réalisé dans les conditions spécifiées en 9.3.3.3, ne doit pas dépasser les valeurs déclarées dans le présent paragraphe.

NOTE L'échauffement en service normal peut être différent des valeurs d'essai, suivant les conditions d'installation et la taille des conducteurs raccordés.

Les limites d'échauffement données dans le Tableau 2 et le Tableau 3 s'appliquent à un matériel soumis à l'essai à l'état neuf et propre. Les normes de produits peuvent prescrire des valeurs différentes pour des conditions d'essai différentes et pour des appareils de petites dimensions, mais ne dépassant pas de plus de 10 K les valeurs indiquées ci-dessus.

Les échauffements obtenus au cours de l'essai ne doivent pas altérer les performances du produit. En ce qui concerne les parties isolantes non couvertes par les paragraphes 8.2.2.2 à 8.2.2.8, le fabricant doit démontrer la conformité en se référant à l'indice de température du matériau isolant (déterminé, par exemple, par les méthodes de l'IEC 60216-2) ou par la conformité à l'IEC 60085.

8.2.2.2 Bornes

L'échauffement des bornes ne doit pas dépasser les valeurs déclarées dans le Tableau 2.

8.2.2.3 Parties accessibles

L'échauffement des parties accessibles ne doit pas dépasser les valeurs déclarées dans le Tableau 3.

8.2.2.4 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement données dans le Tableau 2 et le Tableau 3 ne s'appliquent que si la température de l'air ambiant reste comprise entre les limites indiquées en 7.1.1.

8.2.2.5 Circuit principal

Le circuit principal d'un matériel doit être en mesure de supporter le courant thermique conventionnel de ce matériel sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées dans le Tableau 2 et le Tableau 3, au cours des essais réalisés conformément à 9.3.3.3.4.

8.2.2.6 Circuits de commande

Les circuits de commande d'un matériel, y compris les appareils pour circuits de commande à utiliser pour les manœuvres de fermeture et d'ouverture de ce matériel, doivent permettre d'assurer le service assigné conformément à 5.3.4, ainsi que de réaliser les essais d'échauffement spécifiés en 9.3.3.3.5, sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées dans le Tableau 2 et le Tableau 3.

Les entrées numériques et/ou les sorties numériques contenues dans l'appareillage, et destinées à être compatibles avec les contrôleurs logiques programmables (PLC, Programmable Logic Controller) sont couvertes par l'Annexe S.

8.2.2.7 Enroulements des bobines et des électroaimants

Lorsque le courant passe dans le circuit principal, les enroulements des bobines et des électroaimants doivent supporter leur tension assignée, sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées en 8.2.2.1, au cours des essais réalisés conformément à 9.3.3.3.6.

NOTE Le présent paragraphe ne s'applique pas aux bobines à fonctionnement impulsif dont le régime est défini par le fabricant.

8.2.2.8 Circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires d'un matériel, y compris les interrupteurs auxiliaires, doivent être en mesure de supporter leur courant thermique conventionnel sans que les échauffements ne dépassent les limites spécifiées dans le Tableau 2 et le Tableau 3, au cours des essais réalisés conformément à 9.3.3.3.7.

NOTE Si un circuit auxiliaire fait partie intégrante d'un matériel, il est suffisant de le soumettre à essai en même temps que ce matériel, mais à son courant d'emploi réel.

8.2.3 Propriétés diélectriques

8.2.3.1 Généralités

Les propriétés diélectriques sont basées sur les publications fondamentales de sécurité IEC 60664-1 et IEC 61140. Pour les distances d'isolement et lignes de fuite réduites, dues à l'utilisation d'un revêtement, voir l'IEC 60664-3.

NOTE 1 Pour les distances d'isolement et lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm, voir l'IEC TR 63040, qui contient uniquement des résultats de recherche, et ne peut pas être utilisé pour le dimensionnement des distances d'isolement et lignes de fuite des matériels présents dans un circuit basse tension; dans ce dernier cas, l'IEC 60664-1 s'applique.

a) Les exigences ci-après donnent les moyens de réaliser la coordination de l'isolement d'un matériel avec les conditions rencontrées dans l'installation.

b) Le matériel doit être en mesure de supporter:

- la tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.1.3) correspondant à la catégorie de surtension donnée à l'Annexe H;
- la tension de tenue aux chocs à travers les contacts ouverts des appareils aptes au sectionnement, comme indiqué dans le Tableau 14;
- la tension de tenue à fréquence industrielle et/ou la tension de tenue en continu, suivant le cas.

NOTE 2 La corrélation entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel est donnée à l'Annexe H.

La tension assignée de tenue aux chocs pour une valeur donnée de la tension assignée d'emploi (voir 5.3.1.1, quatrième et cinquième alinéas) ne doit pas être inférieure à la valeur donnée à l'Annexe H correspondant à la tension nominale et à la catégorie de surtension appropriée du réseau d'alimentation du circuit au point où le matériel est destiné à être utilisé.

c) Les exigences du présent paragraphe doivent être vérifiées par les essais de 9.3.3.4.

8.2.3.2 Tension de tenue aux chocs

1) Circuit principal

- a) Les distances d'isolement entre les parties actives et les parties destinées à être reliées à la terre, ainsi que les distances entre les pôles doivent supporter la tension d'essai donnée dans le Tableau 12 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.
- b) Les distances d'isolement entre les contacts ouverts doivent supporter:
 - la tension de tenue aux chocs spécifiée, le cas échéant, dans la norme de produit correspondante;
 - dans le cas du matériel désigné comme étant apte au sectionnement, la tension d'essai donnée dans le Tableau 14 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

L'isolation solide du matériel associée aux distances d'isolement a) et/ou b) peut être soumise à la tension de tenue aux chocs spécifiée en a) et/ou b), suivant le cas.

2) Circuits de commande et auxiliaires

- a) Pour les circuits de commande et auxiliaires qui sont directement alimentés à partir du circuit principal à leur tension assignée, les distances d'isolement entre les parties actives et les parties destinées à être reliées à la terre, ainsi que les distances entre les pôles doivent supporter la tension d'essai donnée dans le Tableau 12 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs du circuit auxiliaire/de commande, et de la catégorie de surtension appropriée du circuit principal (voir aussi le dernier alinéa de 8.2.3.2 1) b)).
- b) Les circuits auxiliaires de commande qui ne sont pas alimentés directement à partir du circuit principal peuvent avoir une tenue aux surtensions différente de celle du circuit principal. Les distances d'isolement et l'isolation solide associée de ces circuits, en courant alternatif ou en courant continu, doivent supporter la tension appropriée conformément à l'Annexe H.

8.2.3.3 Tension de tenue à fréquence industrielle ou tension de tenue en continu du circuit principal et des circuits auxiliaires de commande

- a) Les essais de tension de tenue à fréquence industrielle ou de tension de tenue en continu sont utilisés dans les cas suivants:

- essais diélectriques considérés comme essais de type pour la vérification de l'isolation solide;
- vérification de la tenue diélectrique comme critère de défaillance après les essais de type de manœuvre ou de court-circuit;
- essais individuels de série.

- b) Essais de type des propriétés diélectriques

Les essais des propriétés diélectriques en tant qu'essais de type doivent être réalisés conformément à 9.3.3.4.

Pour le matériel apte au sectionnement, le courant de fuite maximal doit être conforme à 8.2.7 et doit être soumis à essai conformément à 9.3.3.4.

- c) Vérification de la tenue diélectrique après essais de manœuvre ou de court-circuit

La vérification de la tenue diélectrique après des essais de manœuvre et de court-circuit, comme critère de défaillance, est toujours effectuée à la tension à fréquence industrielle ou à tension en continu conformément au point 4) de 9.3.3.4.1.

Pour le matériel apte au sectionnement, le courant de fuite maximal doit être conforme à 8.2.7, il doit être soumis à essai conformément à 9.3.3.4 et sa valeur ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans la norme de produit correspondante.

- d) Vide

- e) Vérification de la tenue diélectrique au cours des essais individuels de série

Les essais destinés à déceler les défauts des matériaux et les défauts de construction sont réalisés à la tension à fréquence industrielle ou à tension en continu, conformément au point 2) de 9.3.3.4.2.

8.2.3.4 Distances d'isolement

Les distances d'isolement doivent avoir une valeur suffisante pour permettre au matériel de supporter la tension assignée de tenue aux chocs, conformément à 8.2.3.2.

Les distances d'isolement doivent avoir une valeur supérieure aux valeurs données dans le Tableau 13 pour le cas B (champ homogène) (voir 3.7.61), et être vérifiées par un essai (de série) sur prélèvement conformément à 9.3.3.4.3. Cet essai n'est pas exigé si les distances d'isolement correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs et au degré de pollution sont supérieures ou égales aux valeurs données dans le Tableau 13 pour le cas A (champ non homogène, voir 3.7.62).

La méthode de mesure des distances d'isolement est donnée à l'Annexe G.

8.2.3.5 Lignes de fuite

a) Dimensions

Pour les degrés de pollution 1 et 2, les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux distances d'isolement associées, déterminées conformément à 8.2.3.4. Pour les degrés de pollution 3 et 4, les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux distances d'isolement du cas A (Tableau 13) pour réduire les risques de décharge disruptive occasionnée par des surtensions, même si ces distances d'isolement sont inférieures aux valeurs du cas A, comme le permet 8.2.3.4.

La méthode de mesure des lignes de fuite est donnée à l'Annexe G.

Les lignes de fuite doivent correspondre au degré de pollution tel qu'il est spécifié en 7.1.3.2, ou à celui qui est défini dans la norme de produit correspondante, et au groupe de matériaux correspondant à la tension assignée d'isolement ou à la tension de service donnée dans le Tableau 15.

Les groupes de matériaux sont classés comme suit, suivant le domaine de valeurs de l'indice de résistance au cheminement (IRC) (voir 3.7.64):

- groupe de matériaux I $600 \leq \text{IRC}$,
- groupe de matériaux II $400 \leq \text{IRC} < 600$,
- groupe de matériaux IIIa $175 \leq \text{IRC} < 400$,
- groupe de matériaux IIIb $100 \leq \text{IRC} < 175$.

NOTE Les valeurs de l'IRC se réfèrent aux valeurs obtenues suivant la méthode de la Solution A de l'IEC 60112, pour le matériau isolant utilisé. La valeur de l'IRC n'a pas de relation avec la tension assignée de l'appareil.

Pour les matériaux isolants en matière non organique, par exemple le verre ou la céramique, qui ne cheminent pas, les lignes de fuite doivent être supérieures ou égales à leur distance d'isolement associée.

b) Emploi de nervures

Une ligne de fuite peut être réduite à 0,8 fois la valeur appropriée du Tableau 15 en utilisant des nervures de 2 mm de hauteur minimale, quel que soit le nombre de nervures. La largeur minimale de la base de la nervure est déterminée par des exigences mécaniques (voir G.2).

c) Applications spéciales

Les matériels destinés à certaines applications où les graves conséquences d'un défaut d'isolement sont à considérer doivent avoir un ou plusieurs des facteurs d'influence du Tableau 15 (distances, matériaux isolants, pollution au microenvironnement) déterminés de manière à obtenir une tension d'isolement plus élevée que la tension assignée d'isolement indiquée pour le matériel conformément au Tableau 15.

8.2.3.6 Isolation solide

L'isolation solide doit être vérifiée soit par des essais à fréquence industrielle, conformément au point 3) de 9.3.3.4.1, ou par des essais en courant continu dans le cas de matériel pour courant continu.

NOTE Pour plus d'informations relatives à la conception de l'isolation solide, voir 5.3.1 de l'IEC 60664-1:2007.

8.2.3.7 Espacements entre circuits distincts

Pour fixer les dimensions des distances d'isolement, des lignes de fuite et de l'isolation solide entre des circuits distincts, les tensions les plus élevées doivent être utilisées (tension assignée de tenue aux chocs pour les distances d'isolement et l'isolation solide associée, et tension assignée d'isolement ou tension de service pour les lignes de fuite).

8.2.3.8 Exigences pour le matériel avec séparation de protection

Lorsque des circuits TBTS et TBTP sont accessibles, ils doivent être séparés des autres circuits actifs présentant un danger, comme indiqué à l'Annexe N.

Si certains circuits sont accessibles uniquement en conditions de maintenance ou de service, ils peuvent, selon le niveau de risque défini par une évaluation des risques (gravité du dommage et probabilité d'occurrence), être considérés comme non accessibles dans les conditions normales de fonctionnement (voir 7.1), et n'utiliser qu'une isolation principale.

8.2.4 Aptitude à l'établissement, au passage et à la coupure des courants à vide et dans les conditions de charge normale et de surcharge

8.2.4.1 Pouvoirs de fermeture et de coupure

Le matériel doit être en mesure d'établir et de couper les courants de charge et de surcharge sans défaillance, dans les conditions spécifiées dans la norme de produit correspondante pour les catégories d'emploi exigées, et en respectant le nombre de manœuvres spécifié dans la norme de produit correspondante (voir aussi les conditions générales d'essai de 9.3.3.5).

8.2.4.2 Fonctionnement en service

Les essais relatifs au fonctionnement en service d'un matériel sont destinés à vérifier que le matériel est en mesure d'établir, de transporter et de couper sans défaillance les courants traversant son circuit principal dans les conditions correspondant à la catégorie d'emploi spécifiée, s'il y a lieu.

Les exigences spécifiques et les conditions d'essai doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante et peuvent concerner:

- le fonctionnement en service à vide, pour lequel les essais sont réalisés avec les circuits de commande sous tension et le circuit principal hors tension, afin de démontrer que le matériel satisfait aux conditions de fonctionnement spécifiées pour les limites supérieures et inférieures de tension et/ou de pression d'alimentation précisées pour le circuit de commande pendant les manœuvres de fermeture et d'ouverture;
- le fonctionnement en service en charge, au cours duquel le matériel doit établir et couper le courant spécifié correspondant, le cas échéant, à sa catégorie d'emploi, et en respectant le nombre de manœuvres spécifié dans la norme de produit correspondante.

Les vérifications du fonctionnement à vide et en charge peuvent être combinées en une séquence d'essais, si la norme de produit correspondante le spécifie.

8.2.4.3 Durabilité

8.2.4.3.1 Durabilité mécanique

En ce qui concerne sa résistance à l'usure mécanique, un matériel est caractérisé par le nombre, spécifié dans la norme de produit correspondante, de cycles de manœuvres à vide (c'est-à-dire sans courant aux contacts principaux) pouvant être effectués avant qu'il ne devienne nécessaire de procéder à la révision ou au remplacement de pièces mécaniques; cependant, une maintenance normale selon les instructions du fabricant peut être admise pour les matériels conçus pour subir des interventions de maintenance. Chaque cycle de manœuvres se compose d'une manœuvre de fermeture, suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le matériel doit être monté conformément aux instructions du fabricant pour l'essai.

Le nombre privilégié de cycles de manœuvres à vide doit être spécifié dans la norme de matériel correspondante.

NOTE Le terme "durabilité" a été choisi au lieu de "endurance" pour exprimer le nombre probable de cycles de manœuvres que peut effectuer le matériel sans remise en état ou remplacement de pièces.

8.2.4.3.2 Durabilité électrique

En ce qui concerne sa résistance à l'usure électrique, un matériel est caractérisé par le nombre de cycles de manœuvres en charge, dans les conditions de service indiquées dans la norme de produit correspondante, qu'il est capable d'effectuer sans réparation ni remplacement de pièces.

Le nombre privilégié de cycles de manœuvres en charge doit être spécifié dans la norme de produit correspondante.

8.2.5 Aptitude à l'établissement, au passage et à la coupure des courants de court-circuit

Le matériel doit être réalisé de façon à pouvoir supporter, dans les conditions spécifiées dans la norme de produit correspondante, les contraintes thermiques, dynamiques et électriques occasionnées par des courants de court-circuit. Le matériel doit notamment se comporter de manière telle qu'il satisfasse aux exigences de 9.3.4.1.8.

Les courants de court-circuit peuvent se manifester:

- au cours des manœuvres d'établissement;
- lorsque le courant est établi en position de fermeture;
- en cas d'interruption de courant.

L'aptitude du matériel à établir, supporter et couper des courants de court-circuit est définie par une ou plusieurs des caractéristiques assignées suivantes:

- pouvoir assigné de fermeture en court-circuit (voir 5.3.6.2);
- pouvoir assigné de coupure en court-circuit (voir 5.3.6.3);
- courant assigné de courte durée admissible (voir 5.3.6.1);
- dans le cas des matériels coordonnés avec des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC):
 - a) courant conditionnel de court-circuit assigné (voir 5.3.6.4);
 - b) autres types de coordination, spécifiés seulement dans la norme de produit correspondante.

Pour la coordination de plusieurs DPCC (montés en série) dans le même circuit, voir l'Annexe X.

Pour les valeurs assignées et les valeurs limites des points a) et b) ci-dessus, le fabricant doit indiquer le type et les caractéristiques (par exemple courant assigné, pouvoir de coupure, courant coupé limité, I^2t) du DPCC nécessaire à la protection du matériel.

8.2.6 Impédance de pôle

Si l'impédance de pôle est donnée, elle doit être soumise à essai conformément à 9.3.3.8.

8.2.7 Courants de fuite des matériels aptes au sectionnement

Pour les matériels aptes au sectionnement et dont la tension assignée d'emploi, U_e , est supérieure à 50 V, le courant de fuite doit être mesuré entre chaque pôle, les contacts étant en position d'ouverture.

La valeur de courant de fuite mesurée à une tension d'essai égale à 1,1 fois la tension assignée de fonctionnement ne doit pas dépasser:

- 0,5 mA par pôle pour les matériels à l'état neuf;
- 2 mA par pôle pour les matériels qui ont été soumis aux manœuvres de fermeture et d'ouverture conformément aux exigences de la norme de produit correspondante.

Un courant de fuite de 6 mA mesuré à 1,1 fois la tension assignée d'emploi est une valeur limite pour les matériels aptes au sectionnement et ne doit être dépassé en aucun cas. Les essais permettant de vérifier cette exigence peuvent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

8.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)

8.3.1 Généralités

Les matériels ne comprenant pas de circuits électroniques ne sont pas sensibles aux perturbations électromagnétiques dans des conditions de service normal et en conséquence aucun essai CEM n'est exigé.

Pour les produits relevant du domaine d'application du présent document, deux familles de conditions d'environnement sont prises en considération et portent les références suivantes:

- a) environnement A,
- b) environnement B.

L'environnement A concerne les réseaux/sites/installations non publics ou industriels à basse tension comprenant des sources fortement perturbatrices.

NOTE 1 L'environnement A correspond aux matériels de classe A définis dans le document CISPR 11.

L'environnement B concerne les réseaux publics de distribution électrique à basse tension tels que les installations/sites pour environnements résidentiels, commerciaux et pour l'industrie légère. Les sources fortement perturbatrices telles que les postes de soudage à l'arc ne sont pas couvertes par cet environnement.

NOTE 2 L'environnement B correspond aux matériels de classe B définis dans le document CISPR 11.

Pour les besoins du présent document, l'expression "circuit électronique" exclut les circuits dans lesquels tous les composants sont passifs (incluant diodes, résistances, varistances, condensateurs, suppressions d'ondes de choc, inductances).

NOTE 3 Les interférences générées lors des manœuvres respectent généralement les limites de CEM du présent document et n'exigent aucun essai CEM sur les appareils non électroniques.

8.3.2 Immunité

Les matériels comprenant des circuits électroniques doivent avoir une immunité satisfaisante vis-à-vis des perturbations électromagnétiques.

Pour les essais à même de vérifier la conformité à ces exigences, voir 9.4.

Les critères d'acceptation du Tableau 24 s'appliquent, sauf indication contraire dans la norme de produit correspondante de cette série.

8.3.3 Emissions

Les émissions continues haute fréquence (supérieures à 9 kHz) provenant d'un matériel comprenant des circuits d'interrupteur électronique ne doivent pas dépasser les limites spécifiées dans la norme de produit correspondante de cette série, basées sur le document CISPR 11 pour l'environnement A et/ou pour l'environnement B.

Si un produit contient un ou plusieurs accès de communication via un réseau filaire, ce ou ces accès doivent être soumis à essai conformément au document CISPR 32.

NOTE 1 Les perturbations ponctuelles ne durant pas plus de 200 ms ne nécessitent pas d'évaluation plus approfondie.

Les produits conformes à la série IEC 60947 ne constituent pas des sources d'harmoniques constants et de fluctuations de tension à basse fréquence. Par conséquent, aucune exigence associée ne figure dans le présent document.

NOTE 2 Les appareillages commutent uniquement les circuits principaux, pendant une courte durée. De brèves perturbations peuvent être constatées pendant la durée d'arc, en fonction du facteur de puissance, ou pendant le temps de rampe.

9 Essais

9.1 Nature des essais

9.1.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés pour attester de la conformité aux exigences du présent document, le cas échéant, et de la norme de produit correspondante.

Les essais sont les suivants:

- essais de type (voir 3.8.1), qui doivent être réalisés sur des échantillons représentatifs de chaque type de matériel;
- essais individuels de série (voir 3.8.2), qui doivent être réalisés sur chaque matériel construit conformément au présent document, le cas échéant, et à la norme de produit correspondante;
- essais sur prélèvement (voir 3.8.3), qui sont réalisés si la norme de produit correspondante le demande. Dans le cas des essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement, voir 9.3.3.4.3.

Les essais ci-dessus peuvent être réalisés sous la forme de séquences d'essais, suivant les exigences de la norme de produit correspondante.

Lorsque de telles séquences d'essais sont spécifiées dans une norme de produit, les essais, dont les résultats ne sont pas influencés par les essais précédents et n'ont pas d'influence sur les essais suivants d'une séquence d'essais donnée, peuvent être omis dans cette séquence d'essais et réalisés sur des échantillons neufs séparés, après accord avec le fabricant.

La norme de produit doit le cas échéant spécifier de tels essais.

Les essais doivent être réalisés par le fabricant, dans ses ateliers ou tout laboratoire approprié de son choix.

Des essais spéciaux (voir 3.8.4) peuvent, le cas échéant, être aussi réalisés, à condition qu'ils soient spécifiés dans la norme de produit correspondante et qu'ils aient fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

9.1.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité de la conception d'un matériel donné au présent document, le cas échéant, et à la norme de produit correspondante.

Ils peuvent comprendre, suivant le cas, la vérification des caractéristiques suivantes:

- exigences relatives à la construction,
- échauffement,
- propriétés diélectriques (voir 9.3.3.4.1, le cas échéant),
- pouvoirs de fermeture et de coupure,
- pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit,
- fonctionnement au courant critique de charge,
- limites de fonctionnement,
- fonctionnement en service,
- degré de protection du matériel sous enveloppe,
- essais pour la CEM.

NOTE La liste ci-dessus n'est pas exhaustive.

Les essais de type auxquels un matériel doit être soumis, les résultats à obtenir et, le cas échéant, les séquences d'essais ainsi que le nombre d'échantillons, doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.1.3 Essais individuels de série

Les essais individuels de série sont destinés à déceler les défauts des matériaux et les défauts de construction, ainsi qu'à vérifier le fonctionnement correct du matériel. Ils doivent être réalisés sur chaque matériel.

Les essais individuels de série peuvent comprendre:

- a) des essais fonctionnels,
- b) des essais diélectriques.

Le détail des essais individuels de série et les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.1.4 Essais sur prélèvement

Si les techniques employées et l'analyse statistique montrent que des essais individuels de série (sur chaque produit) ne sont pas exigés, des essais sur prélèvement peuvent être réalisés à leur place, si la norme de produit correspondante le spécifie.

Ces essais peuvent comprendre:

- a) des essais fonctionnels,
- b) des essais diélectriques.

Des essais sur prélèvement peuvent aussi être réalisés pour vérifier des propriétés ou des caractéristiques spécifiques d'un matériel, soit à l'initiative du fabricant, soit par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

9.1.5 Essais spéciaux

9.1.5.1 Généralités

La réalisation d'essais spéciaux est laissée à la discrétion du fabricant.

9.1.5.2 Essais de fiabilité des données

Si le fabricant décide d'attester de la fiabilité des données pour les applications de sécurité fonctionnelle, l'Annexe K s'applique.

9.1.5.3 Essais d'environnement

Dans les cas où il est nécessaire de vérifier le comportement des produits dans des conditions d'environnement spéciales (par exemple CEM, chaleur humide, brouillard salin, chocs et vibrations), les essais doivent être réalisés conformément à l'Annexe Q.

9.2 Conformité aux exigences relatives à la construction

9.2.1 Généralités

La vérification de la conformité aux exigences relatives à la construction spécifiées en 8.1 concerne par exemple:

- les matériaux,
- le matériel,
- les degrés de protection du matériel sous enveloppe,
- les propriétés mécaniques et électriques des bornes,
- l'organe de commande,
- l'indicateur de position (voir 3.5.18).

9.2.2 Essai d'exposition de matériaux à la chaleur anormale et au feu

9.2.2.1 Essai au fil incandescent (sur le matériel)

L'essai au fil incandescent doit être réalisé conformément à l'IEC 60695-2-10 et l'IEC 60695-2-11, dans les conditions spécifiées en 8.1.2.2.

Pour les besoins de cet essai, un conducteur de protection n'est pas considéré comme une partie transportant le courant.

Lorsque l'essai est à réaliser en plusieurs endroits sur le même échantillon, il convient de prendre des précautions afin de s'assurer qu'un quelconque dommage produit par les essais précédents n'affecte pas l'essai à réaliser.

9.2.2.2 Essais d'inflammabilité, d'inflammation au fil chauffant et d'inflammation à l'arc (sur les matériaux)

Des échantillons adaptés de matériau doivent être soumis aux essais suivants:

- a) essai d'inflammabilité conformément à l'IEC 60695-11-10;
- b) essai d'inflammation au fil chauffant (HWI), tel qu'il est décrit dans l'Annexe M;
- c) essai d'inflammation à l'arc (AI), tel qu'il est décrit dans l'Annexe M.

L'essai c) n'est exigé que si le matériau est situé à moins de 13 mm des pièces d'arc ou des parties actives qui sont soumises à des desserrages des connexions. Les matériaux situés à moins de 13 mm des pièces d'arc ne sont pas soumis à cet essai si le matériel est soumis aux essais de fermeture/coupure.

9.2.3 Matériel

Couvert par les différents paragraphes de 9.2.

9.2.4 Enveloppes pour le matériel

Pour les degrés de protection du matériel sous enveloppe, voir l'Annexe C.

9.2.5 Propriétés mécaniques et électriques des bornes

9.2.5.1 Conditions générales pour les essais

Sauf spécification contraire du fabricant, chaque essai doit être réalisé sur des bornes à l'état neuf et propre.

Lorsque les essais sont réalisés avec des conducteurs ronds en cuivre, le cuivre de ceux-ci doit être conforme à l'IEC 60228.

Lorsque les essais sont réalisés avec des conducteurs plats en cuivre, ceux-ci doivent présenter les caractéristiques suivantes:

- pureté minimale: 99,5 %,
- contrainte de rupture: 200 N/mm² à 280 N/mm²,
- indice de dureté Vickers: 40 à 65.

9.2.5.2 Essais de résistance mécanique des bornes

Les essais doivent être réalisés avec le type de conducteur approprié de section maximale.

Les essais sur les organes de serrage sans vis, conformément à 8.1.8.1, sont réalisés avec des conducteurs de section maximale.

Le conducteur doit être connecté et déconnecté cinq fois.

Pour les bornes à vis, le couple de serrage doit être conforme au Tableau 4 ou bien correspondre à 110 % du couple spécifié par le fabricant, la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

Cet essai doit être réalisé sur deux organes de serrage distincts.

Lorsqu'une vis a une tête hexagonale susceptible d'être serrée par tournevis et que les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est réalisé deux fois; d'abord en appliquant à la tête hexagonale le couple défini à la colonne III, ensuite, sur un autre jeu d'échantillons, en appliquant au moyen d'un tournevis le couple défini à la colonne II.

Si les valeurs des colonnes II et III sont les mêmes, seul l'essai au moyen du tournevis est réalisé.

Chaque fois que la vis ou l'écrou de fixation est desserré, un conducteur neuf doit être utilisé pour chaque essai de serrage.

Pendant l'essai, les organes de serrage et les bornes ne doivent pas prendre de jeu et il ne doit se produire aucun dommage, tel que rupture des vis ou détérioration des fentes des têtes de vis, des filetages ou taraudages, des rondelles ou étriers, qui affecterait défavorablement l'emploi ultérieur des raccordements à vis.

9.2.5.3 Essais de détérioration et de desserrage accidentel des conducteurs (essai de flexion)

Cet essai s'applique aux bornes destinées au raccordement de conducteurs ronds en cuivre, non préparés, et dont le nombre, la section et le type (âme souple et/ou conducteur toronné et/ou conducteur massif) sont spécifiés par le fabricant.

NOTE Un essai approprié pour les conducteurs plats en cuivre peut être réalisé par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Les essais suivants doivent être réalisés sur deux échantillons à l'état neuf avec:

- a) le nombre maximal de conducteurs de la section minimale raccordés à la borne;
- b) le nombre maximal de conducteurs de la section maximale raccordés à la borne;
- c) le nombre maximal de conducteurs de la section minimale et le nombre maximal de conducteurs de la section maximale raccordés ensemble à la borne.

Les bornes destinées au raccordement d'âmes souples, et/ou de conducteurs massifs et/ou de conducteurs toronnés doivent être soumises à essai avec chaque type de conducteur avec des jeux d'échantillons différents.

Les bornes destinées au raccordement simultané d'âmes souples ou de conducteurs massifs et/ou toronnés doivent être soumises à essai comme indiqué en c) ci-dessus.

L'essai est à réaliser avec un matériel d'essai approprié. Le nombre spécifié de conducteurs doit être raccordé à la borne. Il convient que la longueur des conducteurs d'essai soit supérieure de 75 mm à la hauteur, H , spécifiée dans le Tableau 5. Les vis de serrage doivent être serrées à un couple conforme au Tableau 4, ou au couple spécifié par le fabricant. L'appareil soumis à essai doit être fixé comme représenté dans la Figure 1.

Chaque conducteur est soumis à des mouvements circulaires, conformément à la procédure suivante.

L'extrémité du conducteur soumis à essai doit passer par un manchon de taille appropriée dans un plateau, situé sous la borne du matériel, à une hauteur, H , donnée dans le Tableau 5. Les autres conducteurs doivent être ployés pour ne pas influencer le résultat de l'essai. Le manchon doit être positionné dans le plateau horizontal ayant le même axe que le conducteur. Le manchon doit être déplacé de manière que son axe décrive un cercle de 75 mm de diamètre autour de son axe, à $10 \text{ tr/min} \pm 2 \text{ tr/min}$. La distance entre l'entrée de la borne et la surface supérieure du manchon doit être égale à la hauteur $H \pm 15 \text{ mm}$ du Tableau 5. Le manchon doit être lubrifié pour éviter de coincer, tordre ou faire tourner le conducteur isolé. Une masse de valeur spécifiée dans le Tableau 5 doit être suspendue à l'extrémité du conducteur. L'essai doit comporter 135 rotations continues.

Au cours de l'essai, le conducteur ne doit ni glisser hors de la borne ni se casser à proximité de l'organe de serrage.

Immédiatement après l'essai de flexion, chaque conducteur soumis à essai doit être soumis à l'essai de 9.2.5.4 (essai de traction), dans le matériel d'essai.

9.2.5.4 Essai de traction

9.2.5.4.1 Conducteurs ronds en cuivre

Après l'essai de 9.2.5.3, un effort de traction conforme au Tableau 5 doit être appliqué au conducteur soumis à essai conformément à 9.2.5.3.

Les vis de serrage ne doivent pas être serrées à nouveau pour cet essai.

Cet effort doit être appliqué sans secousse pendant 1 min, dans le sens de l'axe du conducteur.

Au cours de l'essai, le conducteur ne doit ni glisser hors de la borne ni se casser à proximité de l'organe de serrage.

9.2.5.4.2 Conducteurs plats en cuivre

Un conducteur de longueur appropriée doit être fixé à la borne et un effort de traction conforme au Tableau 6 doit être appliqué sans secousse pendant 1 min dans le sens inverse de celui de l'insertion du conducteur.

Au cours de l'essai, le conducteur ne doit ni glisser hors de la borne ni se casser à proximité de l'organe de serrage.

9.2.5.5 Essai d'insertion des conducteurs ronds en cuivre non préparés de la section maximale

9.2.5.5.1 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé en utilisant la forme de gabarit appropriée, A ou B, spécifiée dans le Tableau 7.

Le tampon de mesure du gabarit doit être en mesure de pénétrer librement dans l'ouverture de la borne jusqu'à occuper toute la profondeur de la borne (voir également la note du Tableau 7).

En variante, l'essai peut être réalisé par l'insertion du plus gros conducteur du type et de la section assignée parmi ceux recommandés par le fabricant, dont le diamètre correspond au diamètre théorique conformément au Tableau 8, après dénudage et remise en forme de l'extrémité. L'extrémité dénudée du conducteur doit être en mesure de passer entièrement à travers l'ouverture de l'organe de serrage, sans exercer de force excessive.

NOTE Le fabricant peut spécifier la méthode d'essai.

9.2.5.5.2 Réalisation des gabarits

La réalisation des gabarits est représentée à la Figure 2.

Les dimensions a et b et les tolérances admises sont indiquées dans le Tableau 7. Le tampon de mesure du gabarit doit être en acier de calibre déterminé.

9.2.5.6 Vide

9.2.5.7 Performance électrique des organes de serrage sans vis

Le paragraphe 9.8 de l'IEC 60999-1:1999 et le paragraphe 9.8 de l'IEC 60999-2:2003 s'appliquent.

NOTE Les expressions "de la plus petite section" et "de la plus grosse section" dans la série IEC 60999 correspondent respectivement dans le présent document aux appellations "section minimale" (3.5.34) et "section maximale" (3.5.35).

Pour la plus grosse section, le courant d'essai appliqué correspond à l'intensité I_{th} (ou I_{the}) déclarée pour le produit. Pour la plus petite section, le courant d'essai est donné dans le Tableau 9. En variante, le courant assigné I_{th} (ou I_{the}) peut être appliqué, sur demande du fabricant.

Les exigences d'essai détaillées peuvent être adaptées, pour tenir compte de considérations pratiques, dans les normes de produits.

9.2.5.8 Essai de vieillissement des organes de serrage sans vis

Le paragraphe 9.10 de l'IEC 60999-1:1999 et le paragraphe 9.10 de l'IEC 60999-2:2003 s'appliquent.

NOTE 1 Les expressions "de la plus petite section" et "de la plus grosse section" dans la série IEC 60999 correspondent respectivement dans le présent document aux appellations "section minimale" (3.5.34) et "section maximale" (3.5.35).

NOTE 2 Pour la plus grosse section, le courant d'essai généralement appliqué correspond à l'intensité I_{th} (ou I_{the}) déclarée pour le produit. Pour la plus petite section, le courant d'essai est donné dans le Tableau 4 et le Tableau 5 de l'IEC 60947-7-1:2009.

Les exigences d'essai détaillées peuvent être adaptées, pour tenir compte de considérations pratiques, dans les normes de produits.

9.2.6 Vérification de l'efficacité de l'indication de la position des contacts principaux des matériels aptes au sectionnement

9.2.6.1 Efficacité de l'indication de la position des contacts

L'état des matériels pour les essais doit être spécifié dans la norme de produit correspondante.

La vérification de l'efficacité de l'indication de la position des contacts principaux, telle qu'elle est exigée en 8.1.7, est effectuée en s'assurant que tous les dispositifs d'indication de la position des contacts doivent continuer de fonctionner correctement après les essais de type relatifs au fonctionnement en service, et après les essais spéciaux de durabilité, si ceux-ci sont réalisés.

9.2.6.2 Méthode d'essai

9.2.6.2.1 Manœuvre manuelle dépendante et indépendante

La force nécessaire pour manœuvrer l'appareil vers la position d'ouverture doit être mesurée à l'extrémité de l'organe de commande. La force mesurée, F , doit être égale à la valeur moyenne de la force maximale obtenue à partir de trois manœuvres consécutives, avec l'appareil à l'état neuf et propre. Cette force, F , doit ensuite être utilisée pour établir la force d'essai définie dans le Tableau 17.

Le matériel étant en position de fermeture, les contacts fixes et mobiles du pôle pour lequel l'essai est estimé être le plus sévère doivent être fixés entre eux, par tout moyen approprié.

L'organe de commande doit être soumis à une force d'essai de $3F$, qui doit cependant ne pas être inférieure à la force minimale et ne pas être supérieure à la force maximale donnée dans le Tableau 17 pour le type d'organe de commande correspondant.

Lorsque l'appareil possède plus d'un système de contact en série, tous les systèmes de contact en série doivent être maintenus en position de fermeture.

Dans le cas de systèmes à points de contact multiples, le plus petit nombre de points de contact en parallèle, nécessaire pour maintenir le système de contact fermé, doit être fixé ensemble afin de permettre l'application de la force d'essai sans ouverture des contacts.

Le moyen approprié pour maintenir le ou les contacts fermés et le nombre de contacts doivent être spécifiés par le fabricant. Le nombre de contacts et la méthode doivent être consignés dans le rapport.

La force d'essai doit être appliquée sans à-coups à l'extrémité de l'organe de commande dans la direction destinée à ouvrir les contacts pendant une durée de 10 s.

La direction de la force d'essai en ce qui concerne l'organe de commande, comme représenté à la Figure 16, doit être maintenue tout au long de l'essai.

La vérification doit être effectuée conformément à 9.2.6.3.1.

9.2.6.2.2 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le matériel étant en position de fermeture, les contacts fixes et mobiles du pôle pour lequel l'essai est estimé être le plus sévère doivent être fixés entre eux, par exemple par soudage.

Lorsque l'appareil possède plus d'un système de contact en série, tous les systèmes de contact en série doivent être maintenus en position de fermeture.

Dans le cas de systèmes à points de contact multiples, le plus petit nombre de points de contact en parallèle, nécessaire pour maintenir le système de contact fermé, doit être fixé ensemble afin de permettre l'application de la force d'essai sans ouverture des contacts.

Le moyen approprié pour maintenir le ou les contacts fermés et le nombre de contacts doivent être spécifiés par le fabricant. Le nombre de contacts et la méthode doivent être consignés dans le rapport.

La tension d'alimentation, égale à 110 % de sa valeur normale assignée, doit être appliquée à la commande assurée par une source d'énergie extérieure afin de tenter d'ouvrir le système de contact du matériel.

Trois tentatives pour manœuvrer le matériel à des intervalles de 5 min par la commande assurée par une source d'énergie extérieure doivent être effectuées, chacune d'elles pour une durée de 5 s, à moins qu'un dispositif de protection associé à la commande assurée par une source d'énergie extérieure ne limite le temps à une durée plus courte.

La vérification doit être effectuée conformément à 9.2.6.3.2.

NOTE Au Canada et aux Etats Unis, les appareils satisfaisant à ces exigences ne sont pas acceptés comme assurant eux-mêmes le sectionnement.

9.2.6.2.3 Manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure

Le matériel étant en position de fermeture, les contacts fixes et mobiles du pôle pour lequel l'essai est estimé être le plus sévère doivent être fixés entre eux, par exemple par soudage.

Lorsque l'appareil possède plus d'un système de contact en série, tous les systèmes de contact en série doivent être maintenus en position de fermeture.

Dans le cas de systèmes à points de contact multiples, le plus petit nombre de points de contact en parallèle, nécessaire pour maintenir le système de contact fermé, doit être fixé ensemble afin de permettre l'application de la force d'essai sans ouverture des contacts.

Le moyen approprié pour maintenir le ou les contacts fermés et le nombre de contacts doivent être spécifiés par le fabricant. Le nombre de contacts et la méthode doivent être consignés dans le rapport.

L'énergie emmagasinée de la commande assurée par une source d'énergie extérieure doit être libérée afin de tenter d'ouvrir le système de contact du matériel.

Trois tentatives pour manœuvrer le matériel par déblocage de l'énergie emmagasinée doivent être effectuées.

La vérification doit être effectuée conformément à 9.2.6.3.2.

NOTE Au Canada et aux Etats Unis, les appareils satisfaisant à ces exigences ne sont pas acceptés comme assurant eux-mêmes le sectionnement.

9.2.6.3 Etat des matériels pendant et après l'essai

9.2.6.3.1 Manœuvre manuelle dépendante et indépendante

Après l'essai, lorsque la force n'est plus appliquée, l'organe de commande étant laissé libre, la position d'ouverture ne doit pas être indiquée par un quelconque moyen parmi les moyens fournis et le matériel, soumis à examen visuel, ne doit pas présenter de dommage externe susceptible d'affecter défavorablement son fonctionnement normal.

L'expression "la position d'ouverture ne doit pas être indiquée" signifie qu'aucune partie ni aucun code couleur indiquant la position d'ouverture (telle qu'elle est vérifiée en 8.1.6 sur un échantillon à l'état neuf) ne doit être visible.

Pour les appareils sur lesquels la position est uniquement indiquée par l'alignement de l'organe de commande avec les marquages sur le couvercle, il ne doit y avoir aucune confusion possible avec le marquage de la position d'ouverture.

Lorsque le matériel est pourvu de moyens de verrouillage en position d'ouverture, il ne doit pas être possible de verrouiller le matériel lorsque la force d'essai est appliquée.

9.2.6.3.2 Manœuvre dépendante et indépendante à source d'énergie extérieure

Pendant et après l'essai, la position d'ouverture ne doit pas être indiquée par un quelconque moyen parmi les moyens fournis et le matériel ne doit pas présenter de dommage affectant défavorablement son fonctionnement normal.

Lorsque le matériel est pourvu de moyens de verrouillage en position d'ouverture, il ne doit pas être possible de verrouiller le matériel pendant l'essai.

9.2.7 Vide

9.2.8 Essais de traction, torsion et flexion avec des conduits métalliques

9.2.8.1 Généralités

L'essai doit être réalisé avec un conduit métallique, de taille adéquate, d'une longueur égale à (300 ± 10) mm.

L'enveloppe en polymère doit être montée selon les instructions du fabricant, dans la position la plus défavorable.

Les essais doivent être réalisés sur la même entrée de conduit, celle-ci étant l'entrée la plus défavorable.

Les essais doivent être réalisés dans cet ordre: 9.2.8.2, 9.2.8.3 et 9.2.8.4.

9.2.8.2 Essai de traction

Le conduit doit être vissé sans à-coups dans l'entrée, à un couple égal aux deux tiers des valeurs données dans le Tableau 22. Une traction continue doit être exercée sans à-coups sur le conduit pendant 5 min.

Sauf spécification contraire spécifiée dans la norme de produit correspondante, la force de traction doit être conforme au Tableau 20.

Après l'essai, le déplacement du conduit par rapport à l'entrée doit être inférieur à un filet et il ne doit pas y avoir de dommage manifeste, affectant défavorablement l'emploi ultérieur de l'enveloppe.

9.2.8.3 Essai de flexion

Un moment de flexion d'une valeur augmentant lentement doit être appliqué sans à-coups à l'extrémité libre du conduit.

Lorsque le moment de flexion provoque sur le conduit une flexion de 25 mm pour 300 mm de long ou s'il atteint la valeur donnée dans le Tableau 21, il est maintenu pendant 1 min. L'essai est ensuite répété dans une direction perpendiculaire.

Après l'essai, il ne doit pas y avoir de dommage manifeste affectant défavorablement l'emploi ultérieur de l'enveloppe.

9.2.8.4 Essai de torsion

Le conduit doit être serré sans à-coups au couple défini dans le Tableau 22.

L'essai de torsion ne s'applique pas à une enveloppe dépourvue d'entrée de conduit préassemblée et dont les instructions d'emploi précisent que l'entrée de conduit est à raccorder mécaniquement au conduit avant d'être raccordée à l'enveloppe.

Pour les enveloppes fournies avec un conduit de raccordement unique jusqu'à 16 H inclus, le couple de serrage est réduit à 25 N·m.

Après l'essai, il doit être possible de dévisser le conduit et il ne doit pas y avoir de dommage manifeste affectant défavorablement l'emploi ultérieur de l'enveloppe.

9.2.9 Essai de continuité à la terre de la terre de protection

9.2.9.1 Généralités

Toutes les masses de l'appareil de connexion ou de commande et/ou son enveloppe doivent être consignées dans le rapport d'essai.

L'essai doit être réalisé pour chacune des masses.

9.2.9.2 Essai de continuité à la terre

Un courant d'au moins 10 A (en courant alternatif ou en courant continu.) doit passer entre la masse et la borne de terre de protection, et la chute de tension est mesurée. La section du fil utilisé pour l'essai doit être choisie conformément à la valeur du courant d'essai.

Lorsque le matériel soumis à essai est susceptible d'être affecté défavorablement par le courant d'essai, il est recommandé de limiter la durée de l'essai.

9.2.9.3 Résultats d'essai

La résistance calculée à partir de la chute de tension et du courant de mesure ne doit pas dépasser 0,1 Ω .

9.3 Fonctionnement

9.3.1 Séquences d'essais

La norme de produit correspondante doit spécifier, le cas échéant, les séquences d'essais auxquelles est soumis le matériel.

9.3.2 Conditions générales d'essai

9.3.2.1 Exigences générales

Le matériel à soumettre à essai doit être conforme, dans tous les détails essentiels, à la conception du type qu'il représente.

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, chaque essai ou séquence d'essais doit être réalisé sur un matériel à l'état propre et neuf.

Sauf indication contraire, les essais doivent être réalisés avec la même sorte de courant (et, dans le cas du courant alternatif, avec la même fréquence assignée et avec le même nombre de phases) que celui du service prévu.

La norme de produit correspondante doit spécifier les valeurs des grandeurs d'essai qui ne sont pas spécifiées dans le présent document.

Si, pour faciliter un essai, il apparaît souhaitable d'en augmenter la sévérité (par exemple adopter une cadence de manœuvres plus élevée en vue de réduire la durée de l'essai), cela ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du fabricant.

Le matériel à soumettre à essai doit être monté complet sur son propre support, ou un support équivalent, et raccordé comme en service normal, conformément aux instructions du fabricant et dans les conditions ambiantes définies en 7.1.

Les couples de serrage à appliquer aux vis des bornes doivent être conformes aux instructions du fabricant, ou en l'absence de telles instructions, conformes au Tableau 4.

Les matériels ayant une enveloppe intégrée (voir 3.3.17) doivent être montés complets et toute ouverture normalement fermée en service doit être fermée pour les essais.

Les matériels destinés à être utilisés uniquement dans une enveloppe individuelle doivent être soumis à essai dans la plus petite de ces enveloppes déclarée par le fabricant.

Tous les autres matériels doivent être soumis à essai à l'air libre. Lorsque de tels matériels peuvent également être utilisés dans des enveloppes individuelles spécifiées et qu'ils ont été soumis à essai à l'air libre, ils doivent être en plus soumis à essai dans la plus petite de ces enveloppes déclarée par le fabricant, pour des essais spécifiques qui doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante et consignés dans le rapport d'essai.

Cependant, lorsque de tels matériels peuvent également être utilisés dans des enveloppes individuelles spécifiées et qu'ils sont soumis à essai dans tous les cas dans la plus petite de ces enveloppes déclarées par le fabricant, les essais à l'air libre peuvent ne pas être réalisés, sous réserve qu'une telle enveloppe soit en métal nu sans isolation. Les détails, y compris les dimensions des enveloppes, doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Pour les essais à l'air libre, sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, pour les essais relatifs aux pouvoirs de fermeture et de coupure et au fonctionnement dans les conditions de court-circuit, un écran métallique doit être placé dans tous les points du matériel susceptibles d'être à l'origine de phénomènes externes capables de produire un amorçage, conformément aux dispositions et aux distances spécifiées par le fabricant. Les détails, y compris la distance entre le matériel soumis à essai et l'écran métallique, doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Les caractéristiques de l'écran métallique doivent être les suivantes:

- structure: fils entrelacés; ou
- métal perforé; ou

métal expansé;

- matériau: acier;
- épaisseur ou diamètre du matériau: 1,5 mm au minimum;
- rapport de la surface des trous par rapport à la surface totale: 0,45 à 0,65;
- taille des trous: 30 mm² au maximum;
- revêtement: sans revêtement ou avec revêtement conducteur;
- résistance: doit être comprise dans le calcul du courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible (voir 9.3.3.5.2, point g) et 9.3.4.1.2, point d)), mesurée à partir du point le plus éloigné de l'écran métallique susceptible d'être atteint par les émissions d'arc.

La maintenance ou le remplacement de pièces n'est pas autorisé, sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante.

Avant de commencer un essai, le matériel peut être manœuvré à vide.

Pour les essais, le mécanisme transmetteur des appareils mécaniques de connexion doit être manœuvré conformément à l'utilisation prévue en service, déclarée par le fabricant, et aux valeurs assignées des grandeurs de commande (telles que tension ou pression), sauf spécification contraire dans le présent document ou dans la norme de produit correspondante.

NOTE Les essais conformément aux exigences du présent document n'excluent pas la nécessité de réaliser des essais supplémentaires concernant des matériels incorporés dans des ensembles, par exemple des essais conformément à la série IEC 61439.

9.3.2.2 Grandeurs d'essai

9.3.2.2.1 Valeurs des grandeurs d'essai

Tous les essais doivent être réalisés avec les valeurs de grandeurs d'essai correspondant aux caractéristiques assignées fixées par le fabricant, conformément aux tableaux et données correspondants de la norme de produit correspondante.

9.3.2.2.2 Tolérances sur les grandeurs d'essai

Les valeurs consignées dans le rapport d'essai doivent être dans les tolérances indiquées dans le Tableau 18, sauf spécification contraire dans les paragraphes correspondants. Toutefois, avec l'accord du fabricant, les essais peuvent être réalisés dans des conditions plus sévères que celles spécifiées.

9.3.2.2.3 Tension de rétablissement

a) Tension de rétablissement à fréquence industrielle

Pour tous les essais concernant le pouvoir de coupure et le pouvoir de coupure en court-circuit, la valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être de 1,05 fois la valeur de la tension assignée d'emploi fixée par le fabricant ou spécifiée dans la norme de produit correspondante.

NOTE 1 La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle égale à 1,05 fois la tension assignée d'emploi, y compris la tolérance sur la tension d'essai conformément au Tableau 18, est réputée couvrir les effets des variations de la tension du réseau d'alimentation dans les conditions de service normal, conformément à l'IEC 60038.

NOTE 2 La tension appliquée peut être augmentée, sans toutefois dépasser la valeur de crête du courant établi présumé sans l'accord du fabricant.

NOTE 3 La limite supérieure de la tension de rétablissement à fréquence industrielle peut être augmentée avec l'accord du fabricant (voir 9.3.2.2.2).

b) Tension transitoire de rétablissement

Les tensions transitoires de rétablissement, lorsque cela est exigé dans la norme de produit correspondante, sont déterminées conformément à 9.3.3.5.2.

9.3.2.3 Interprétation des résultats d'essais

Le comportement du matériel au cours des essais et son état après les essais doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante. Pour les essais de court-circuit, voir aussi 9.3.4.1.7 et 9.3.4.1.9.

9.3.2.4 Rapports d'essai

Le fabricant doit tenir à disposition des rapports écrits sur les essais de type, attestant de la conformité à la norme de produit correspondante. Les détails des dispositions d'essai, tels que le type et la taille de l'enveloppe, s'il y a lieu, les dimensions des conducteurs, les distances des parties actives à l'enveloppe ou aux parties normalement reliées à la terre en service, la méthode de manœuvre du mécanisme transmetteur, etc., doivent être consignés dans le rapport d'essai.

Les valeurs et paramètres d'essai doivent figurer dans le rapport d'essai.

9.3.3 Fonctionnement à vide et dans les conditions de charge normale et de surcharge

9.3.3.1 Manœuvre

Des essais doivent être réalisés pour vérifier que le matériel fonctionne correctement, conformément aux exigences de 8.2.1.1.

9.3.3.2 Limites de fonctionnement

9.3.3.2.1 Matériels à manœuvre à source d'énergie extérieure

Il doit être vérifié que le matériel passe correctement en position d'ouverture et de fermeture entre les valeurs limites des grandeurs de commande, telles que tension, courant, pression d'air et température, spécifiées dans la norme de produit correspondante. Les essais sont réalisés sans courant dans le circuit principal, sauf spécification contraire.

Dans le cas d'un matériel à manœuvre à source d'énergie extérieure, doté d'un électroaimant commandé électroniquement, alimenté en courant alternatif, lorsque les valeurs limites de retombée déclarées se situent entre 75 % et 10 % de leur tension assignée d'alimentation du circuit de commande, U_s , le matériel doit, en outre, être soumis à l'essai de retombée sur ligne capacitive comme suit.

Un condensateur C doit être monté en série dans le circuit d'alimentation, U_s , la longueur totale des conducteurs de raccordement étant ≤ 3 m. Le condensateur est placé en court-circuit par un interrupteur d'impédance négligeable. La tension d'alimentation doit alors être réglée à 110 % de U_s .

Il doit être vérifié que le matériel retombe lorsque l'interrupteur est manœuvré vers la position d'ouverture.

La valeur du condensateur doit être de:

$$C = 30 + 200\,000 / (f \times U)$$

où

C est exprimé en nF;

f est la fréquence assignée minimale, exprimée en Hz;

U est la valeur maximale de U_s , exprimée en V.

Par exemple, pour une bobine de tension assignée 12...24 V – 50 Hz, la valeur du condensateur est 196 nF (le calcul est fait avec la valeur maximale de U_s).

La tension d'essai est la valeur la plus élevée du domaine déclaré de tensions assignées d'alimentation, U_s .

NOTE La valeur du condensateur simule un câblage de commande type correspondant à un câble d'une longueur de 100 m et de 1,5 mm² (0,3 nF/m, c'est-à-dire 30 nF pour 100 m), raccordé à une sortie statique ayant un courant

$$\approx \frac{10^9 \times 1,3 \times 10^{-3}}{2 \times \pi}$$

de fuite de 1,3 mA (200 000 dans la formule).

9.3.3.2.2 Relais et déclencheurs

Les limites de fonctionnement des relais et déclencheurs doivent satisfaire aux exigences suivantes. Ces exigences doivent être vérifiées conformément à la procédure d'essai définie dans la norme de produit correspondante.

Pour les relais et déclencheurs à minimum de tension, voir 8.2.1.3.

Pour les déclencheurs shunt, voir 8.2.1.4.

Pour les relais et déclencheurs différentiels, voir 8.2.1.5.

9.3.3.3 Echauffement

9.3.3.3.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être enregistrée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux capteurs de température, disposés régulièrement autour du matériel à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du matériel. Les capteurs de température doivent être protégés contre les courants d'air, le rayonnement thermique et les erreurs d'indication dues à des variations brusques de température.

NOTE Les thermocouples ou thermomètres constituent des exemples de capteurs de température.

Au cours de l'essai, la température de l'air ambiant doit être comprise entre +10 °C et +40 °C et ne doit pas varier de plus de 10 K. La température de l'air ambiant ne doit pas varier de plus de 3 K pendant le dernier quart ou la dernière heure de l'essai, la valeur retenue étant la plus courte des deux. L'essai doit être poursuivi tant que cette condition n'est pas obtenue.

9.3.3.3.2 Mesure de la température des pièces

Pour les pièces autres que les bobines, la température des différentes pièces doit être mesurée, au moyen de capteurs de température appropriés, aux points les plus susceptibles d'atteindre la température maximale; ces points doivent être consignés dans le rapport d'essai.

La température de l'huile des matériels immergés dans l'huile doit être mesurée à la partie supérieure de l'huile; cette mesure peut être effectuée à l'aide d'un thermomètre.

Les capteurs de température ne doivent pas influencer l'échauffement de façon notable.

Une bonne conductivité thermique doit être assurée entre les capteurs de température et la surface de la partie soumise à essai.

Pour les bobines des électroaimants, la méthode de mesure de la température par variation de résistance doit généralement être employée. L'emploi d'autres méthodes n'est admis que s'il est impossible dans la pratique d'utiliser la méthode par variation de résistance, par exemple pour l'électroaimant commandé électroniquement. Si une méthode de mesure

différente de la méthode par variation de résistance est utilisée, les limites d'échauffement autorisées doivent être adaptées en conséquence. La norme de produit doit spécifier la méthode et les limites applicables.

Dans le cas d'un électroaimant commandé électroniquement, la mesure de la température de la bobine par variation de résistance peut ne pas être possible dans la pratique; dans un tel cas, d'autres méthodes sont autorisées, par exemple, thermocouples ou d'autres méthodes appropriées. Si une méthode de mesure différente de la méthode par variation de résistance est utilisée, les limites d'échauffement autorisées doivent être adaptées en conséquence. La norme de produit doit spécifier la méthode et les limites applicables.

La température des bobines avant le début de l'essai ne doit pas différer de plus de 3 K de celle du milieu environnant.

Pour les conducteurs en cuivre, la valeur de la température à chaud, T_2 , peut être déduite de celle de la température à froid, T_1 , au moyen de la formule suivante, en fonction du rapport de la résistance à chaud, R_2 , sur la résistance à froid, R_1 :

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1}(T_1 + 234,5) - 234,5$$

où T_1 et T_2 sont exprimées en degrés Celsius.

L'essai doit être réalisé pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi, mais ne dépassant pas 8 h. Un régime est par hypothèse établi lorsque la variation n'excède pas 1 K par heure.

9.3.3.3.3 Echauffement d'une partie

L'échauffement d'une partie est la différence entre la température de cette partie, mesurée conformément à 9.3.3.3.2, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément à 9.3.3.3.1.

9.3.3.3.4 Echauffement du circuit principal

Le matériel doit être monté comme spécifié en 9.3.2.1, et doit être protégé contre des échauffements ou des refroidissements anormaux venant de l'extérieur.

Le matériel muni d'une enveloppe intégrée et le matériel uniquement destiné à fonctionner avec une enveloppe d'un type spécifié doivent être soumis à essai dans leur enveloppe pour l'essai de courant thermique conventionnel (à l'air libre ou sous enveloppe). Il ne doit exister aucune ouverture donnant une ventilation n'existant pas en service.

Le matériel destiné à être utilisé avec plusieurs types d'enveloppes doit être soumis à essai soit dans la plus petite enveloppe déclarée par le fabricant comme étant appropriée, soit sans enveloppe. Si le matériel est soumis à essai sans enveloppe, le fabricant doit être en mesure de déclarer une valeur de courant thermique conventionnel sous enveloppe (voir 5.3.2.2).

Pour les essais en courant polyphasé, le courant doit être équilibré dans chaque phase à $\pm 5\%$ et la moyenne de ces courants ne doit pas être inférieure au courant d'essai approprié.

Sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante, l'essai d'échauffement du circuit principal est réalisé à l'un ou aux deux courants thermiques conventionnels définis en 5.3.2.1 et 5.3.2.2, et peut être réalisé sous une quelconque tension convenable.

Lorsque les échanges thermiques entre le circuit principal, le circuit de commande et les circuits auxiliaires peuvent être notables, les essais d'échauffement précisés en 9.3.3.3.4,

9.3.3.3.5, 9.3.3.3.6 et 9.3.3.3.7 doivent être réalisés simultanément, dans la mesure où la norme de produit correspondante l'autorise.

Le matériel prévu pour le courant continu peut être soumis à essai avec une source d'alimentation en courant alternatif, s'il en résulte une plus grande facilité d'essai, mais seulement après accord du fabricant.

Dans le cas d'un matériel multipolaire ayant des pôles identiques et soumis à essai en courant alternatif, et sous réserve de l'accord du fabricant, l'essai peut être réalisé en courant monophasé, tous les pôles étant raccordés en série, sous réserve que les effets magnétiques puissent être ignorés.

Dans le cas d'un matériel ayant un pôle neutre différent des pôles de phases, l'essai doit comprendre:

- un essai en courant polyphasé sur les pôles identiques; et
- un essai en courant monophasé sur le pôle neutre raccordé en série au pôle adjacent, la valeur des grandeurs d'essai étant déterminée en fonction de la valeur du courant thermique conventionnel (à l'air libre ou sous enveloppe) du pôle neutre (voir 8.1.9).

Le matériel muni de dispositifs de protection contre les courts-circuits doit être soumis à essai conformément aux exigences de la norme de produit correspondante.

A la fin de l'essai, l'échauffement des différentes parties du circuit principal ne doit pas excéder les valeurs données dans le Tableau 2 et le Tableau 3, sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante.

Selon la valeur du courant thermique conventionnel (à l'air libre ou sous enveloppe), une des dispositions suivantes doit être utilisée pour les connexions d'essai.

- i) Pour les valeurs de courant d'essai inférieures ou égales à 400 A:
 - a) les connexions doivent être des conducteurs en cuivre à âme unique, isolés au polychlorure de vinyle, dont les sections sont données dans le Tableau 9;
 - b) les connexions doivent être à l'air libre et séparées par une distance approximativement égale à celle existant entre les bornes;
 - c) pour les essais en courant monophasé ou polyphasé, la longueur minimale d'une quelconque connexion provisoire d'une borne du matériel à une autre borne, ou à la source ou à un point neutre, doit être de:
 - 1 m pour les sections inférieures ou égales à 35 mm² (ou AWG 2);
 - 2 m pour les sections supérieures à 35 mm² (ou AWG 2).
- ii) Pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 400 A mais ne dépassant pas 800 A:
 - a) les connexions doivent être des conducteurs en cuivre à âme unique, isolés au polychlorure de vinyle, dont les sections sont données dans le Tableau 10, ou des barres de cuivre équivalentes données dans le Tableau 11, suivant les recommandations du fabricant;
 - b) les connexions spécifiées en a) doivent être séparées par une distance approximativement égale à celle existant entre les bornes. Les barres de cuivre doivent être peintes en noir mat. Les conducteurs multiples parallèles relatifs à une même borne doivent être groupés et disposés avec un espace d'air d'environ 10 mm entre chacun d'eux. Les barres multiples en cuivre relatives à une même borne doivent avoir entre elles une distance à peu près égale à leur épaisseur. Si les dimensions indiquées pour les barres ne conviennent pas aux bornes ou ne sont pas disponibles, d'autres barres peuvent être utilisées, ayant à peu près les mêmes sections et des surfaces de refroidissement à peu près égales ou inférieures. Les conducteurs en cuivre ou les barres de cuivre ne doivent pas être en matériau feuilleté;

- c) pour les essais en courant monophasé, la longueur minimale d'une quelconque connexion provisoire d'une borne du matériel à une autre borne ou à la source doit être de 2 m. La longueur minimale à un point neutre peut être réduite à 1,2 m.
- iii) Pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 800 A mais ne dépassant pas 3 150 A:
 - a) les connexions doivent être des barres de cuivre de dimensions indiquées dans le Tableau 11, à moins que le matériel ait été conçu uniquement pour être raccordé à des câbles. Dans ce cas, la dimension et la disposition de ces câbles doivent être conformes aux spécifications du fabricant;
 - b) les barres de cuivre doivent être séparées par une distance approximativement égale à celle existant entre les bornes. Les barres de cuivre doivent être peintes en noir mat. Les barres multiples en cuivre relatives à une même borne doivent avoir entre elles une distance à peu près égale à leur épaisseur. Si les dimensions indiquées pour les barres ne conviennent pas aux bornes ou ne sont pas disponibles, d'autres barres peuvent être utilisées, ayant des surfaces de refroidissement à peu près égales ou inférieures. Les barres de cuivre ne doivent pas être en matériau feuilleté;
 - c) pour les essais en courant monophasé ou polyphasé, la longueur minimale d'une quelconque connexion provisoire d'une borne du matériel à une autre borne ou à la source doit être de 3 m, mais peut être réduite à 2 m sous réserve que l'échauffement de l'extrémité de la connexion, côté source, ne soit pas inférieur de plus de 5 K à l'échauffement au milieu de la longueur de connexion. La longueur minimale à un point neutre doit être de 2 m.
- iv) Pour les valeurs de courant d'essai supérieures à 3 150 A:
 Un accord doit être passé entre le fabricant et l'utilisateur sur tous les points pertinents de l'essai, tels que type de la source d'alimentation, nombre de phases et fréquence (le cas échéant), section des connexions d'essai, etc. Ces informations doivent figurer dans le rapport d'essai.

9.3.3.3.5 Echauffement des circuits de commande

Les essais d'échauffement des circuits de commande doivent être réalisés au courant spécifié et, s'il s'agit de courant alternatif, à la fréquence assignée. Les circuits de commande doivent être soumis à essai à leur tension assignée.

Les circuits destinés à un service continu doivent être soumis à essai pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

Les circuits destinés à un service intermittent doivent être soumis à essai comme le prescrit la norme de produit correspondante.

A la fin de ces essais, l'échauffement des différentes parties des circuits de commande ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.6, sauf spécification contraire dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.3.6 Echauffement des bobines des électroaimants

Les bobines et les électroaimants doivent être soumis à essai dans les conditions données en 8.2.2.7.

Ils doivent être soumis à essai pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur de régime établi.

La température doit être mesurée lorsque l'équilibre thermique est atteint, aussi bien dans le circuit principal que dans la bobine de l'électroaimant.

Les bobines et les électroaimants des matériels destinés à un service intermittent doivent être soumis à essai comme le précise la norme de produit correspondante.

A la fin de ces essais, l'échauffement des différentes parties ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.7.

9.3.3.3.7 Echauffement des circuits auxiliaires

Les essais d'échauffement des circuits auxiliaires doivent être réalisés dans les mêmes conditions que celles spécifiées en 9.3.3.3.5, mais ils peuvent être effectués sous une quelconque tension convenable.

A la fin de ces essais, l'échauffement des circuits auxiliaires ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées en 8.2.2.8.

9.3.3.4 Propriétés diélectriques

9.3.3.4.1 Essais de type

1) Conditions générales pour les essais de tension de tenue

Le matériel à soumettre à essai doit satisfaire aux exigences générales de 9.3.2.1.

Si le matériel est destiné à être utilisé sans enveloppe, il doit être monté sur une embase métallique et toutes les masses (bâti, etc.) destinées à être reliées à la terre de protection en service normal, doivent être raccordées à cette embase.

Lorsque la base du matériel est en matériau isolant, des parties métalliques doivent être placées sur tous les points de fixation, conformément aux conditions d'installation normales du matériel et ces parties doivent être considérées comme faisant partie du bâti du matériel.

Un quelconque organe de commande en matériau isolant et une quelconque enveloppe intégrée non métallique d'un matériel destiné à être utilisé sans enveloppe supplémentaire doivent être revêtus d'une feuille métallique reliée au bâti ou à l'embase de montage. La feuille doit uniquement être appliquée sur les parties de surface qui peuvent être touchées avec le doigt d'épreuve normalisé (sonde conforme à l'indice de protection IPXXB de l'IEC 60529:1989) pendant le fonctionnement ou le réglage du matériel, dans le sens d'approche de l'appareil ou du composant. L'Annexe R définit l'application de la feuille métallique sur les parties accessibles pendant le fonctionnement ou le réglage. Lorsque la partie isolante d'une enveloppe intégrée ne peut pas être touchée par le doigt d'épreuve normalisé, en raison de la présence d'une enveloppe supplémentaire, aucune feuille ne doit être exigée.

Lorsque la tenue diélectrique du matériel dépend du gainage des connexions ou de l'emploi d'isolation spéciale, de tels gainages ou isolations spéciales doivent également être utilisés pendant les essais.

Pour l'essai diélectrique entre phases, tous les circuits entre ces phases peuvent être déconnectés pour l'essai.

NOTE 1 L'objet de cet essai est de vérifier l'isolation fonctionnelle uniquement.

Quand les circuits d'un matériel comportent des éléments tels que moteurs, appareils de mesure, interrupteurs à faible course des contacts, condensateurs et dispositifs statiques qui, selon leurs spécifications particulières, ont été soumis à des tensions d'essai diélectrique inférieures à celles spécifiées dans le présent document, de tels éléments doivent être déconnectés pour l'essai.

Lorsque le circuit de commande normalement raccordé au circuit principal est déconnecté, la méthode utilisée pour maintenir les contacts principaux fermés doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Pour l'essai diélectrique entre phase et terre, tous les circuits doivent être raccordés.

NOTE 2 Le raccordement de tous les circuits pour cet essai prend en compte la fonction de protection contre les chocs électriques de l'isolation entre phase et terre.

Les circuits imprimés et les modules munis de connecteurs multipoints peuvent être déconnectés ou remplacés par des circuits factices pendant l'essai de vérification de

l'isolation. Toutefois, cela ne s'applique pas aux auxiliaires pour lesquels, en cas de défaut d'isolement, la tension peut atteindre les parties accessibles non raccordées à l'enveloppe, ou passer de la partie où la tension est la plus élevée vers la partie où la tension est la plus faible; par exemple les transformateurs auxiliaires, les matériels de mesure, les transformateurs d'impulsion, dont la contrainte d'isolation est égale à celle du circuit principal.

2) Vérification de la tension de tenue aux chocs

a) Généralités

Les exigences de l'IEC 61180 s'appliquent, sauf concernant les modifications ci-après.

NOTE 3 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des tensions de tenue aux chocs.

La vérification de l'isolation est effectuée par un essai à la tension assignée de tenue aux chocs.

Si un matériel contient une partie pour laquelle les propriétés diélectriques ne sont pas sensibles à l'altitude (par exemple des optocoupleurs, des parties encapsulées), alors la vérification de l'isolation peut être effectuée en variante par un essai à la tension assignée de tenue aux chocs sans l'application du facteur de correction d'altitude. Ces parties doivent alors être déconnectées et le reste du matériel doit être soumis à essai avec la tension assignée de tenue aux chocs utilisant le facteur de correction d'altitude.

Les distances d'isolement supérieures ou égales aux valeurs du cas A du Tableau 13 peuvent être vérifiées par un mesurage suivant la méthode décrite à l'Annexe G.

b) Tension d'essai

La tension d'essai doit être celle spécifiée en 8.2.3.2.

Pour le matériel intégrant des dispositifs de suppression des surtensions, ces dispositifs doivent être déconnectés avant l'essai.

L'impulsion est appliquée cinq fois pour chaque polarité, en respectant un intervalle de temps minimal d'1 s.

L'influence du matériel sur la forme d'onde de l'impulsion, le cas échéant, est ignorée. Par conséquent, la mesure de la tension d'essai et la détermination de la forme de l'impulsion, conformément à 7.1.4 de l'IEC 61180:2016, et la vérification de la forme d'onde conformément à 7.2.1 de l'IEC 61180:2016, peuvent être ignorées, auquel cas la forme d'onde est à surveiller grâce à des moyens oscillographiques, afin de détecter les décharges disruptives.

Si, au cours d'une procédure d'essai, des essais diélectriques répétés sont exigés, la norme de produit correspondante doit spécifier les conditions des essais diélectriques.

c) Application de la tension d'essai

Le matériel étant monté et préparé comme spécifié au point a) ci-dessus, la tension d'essai est appliquée comme suit:

- i) entre toutes les bornes du circuit principal reliées entre elles (y compris les circuits auxiliaires de commande reliés au circuit principal) et l'enveloppe ou l'embase de montage, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- ii) entre chaque pôle du circuit principal et les autres pôles reliés entre eux et l'enveloppe ou l'embase de montage, les contacts étant dans toutes leurs positions normales de fonctionnement;
- iii) entre chaque circuit auxiliaire de commande qui n'est pas normalement relié au circuit principal et:
 - le circuit principal,
 - les autres circuits,
 - les masses,
 - l'enveloppe ou l'embase de montage,

qui, dans les cas appropriés, peuvent être reliés entre eux;

- iv) pour les matériels aptes au sectionnement, à travers les pôles du circuit principal, les bornes d'alimentation étant reliées entre elles et les bornes de charge étant reliées entre elles.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes d'alimentation et de charge du matériel, les contacts étant en position d'ouverture, et sa valeur doit être comme spécifié au point 1) b) de 8.2.3.2.

Pour les matériels inaptes au sectionnement, les exigences d'essai avec les contacts en position d'ouverture doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

d) Critères d'acceptation

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive non intentionnelle au cours des essais.

NOTE 4 Une exception est une décharge disruptive provoquée intentionnellement, par exemple par des dispositifs de suppression des surtensions transitoires.

NOTE 5 Le terme "décharge disruptive" s'applique aux phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous une contrainte électrique, durant lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation soumise à essai, réduisant la tension appliquée entre les électrodes à une valeur nulle ou presque nulle.

NOTE 6 Le terme "amorçage" est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide.

NOTE 7 Le terme "contournement" est utilisé lorsque la décharge disruptive apparaît le long de la surface d'un diélectrique immergé dans un milieu gazeux ou liquide.

NOTE 8 Le terme "perforation" est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

NOTE 9 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte permanente de la rigidité diélectrique de l'objet; dans un diélectrique liquide ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée.

3) Vérification de la tenue à fréquence industrielle ou de la tenue à tension en continu de l'isolation solide

a) Généralités

Cet essai s'applique à la vérification de l'isolation solide et l'aptitude à résister à des surtensions temporaires.

Les valeurs du Tableau 19 sont réputées couvrir l'aptitude à supporter les surtensions temporaires (voir la note de bas de page b du Tableau 19).

Les produits en courant alternatif doivent être soumis à essai à la tension à fréquence industrielle, et les produits en courant continu doivent être soumis à essai à la tension en continu.

NOTE 10 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des circuits en courant continu à la tension d'essai en continu.

b) Tension d'essai

L'IEC 61180 s'applique pour la fourniture de la tension d'essai, les tolérances applicables à la tension d'essai, l'incertitude de mesure et le matériel d'essai.

Le relais de surintensité ne doit pas se déclencher lorsque le courant de sortie est inférieur à 100 mA.

La valeur de la tension d'essai doit être la suivante:

- i) pour le circuit principal, ainsi que pour les circuits auxiliaires de commande, conformément au Tableau 19;
- ii) si une tension d'essai alternative ne peut pas être appliquée, par exemple à cause de composants de filtre CEM, une tension d'essai en continu ayant la valeur du Tableau 19, troisième colonne, peut être utilisée.

c) Application de la tension d'essai

La tension d'essai doit être appliquée pendant 60 s conformément aux points i), ii) et iii) de 2) c) ci-dessus.

NOTE 11 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai pendant 60 s.

d) Critères d'acceptation

Il ne doit se produire, au cours de l'essai, ni contournement, ni claquage de l'isolation, soit interne (perforation) soit externe (cheminement), ni aucune autre manifestation de décharge disruptive. Toute décharge lumineuse doit être ignorée.

Les composants connectés entre phase et terre peuvent être endommagés pendant les essais mais cela ne doit pas avoir pour résultat un état qui conduirait à une situation dangereuse. Les normes de produits peuvent donner des critères d'acceptation spécifiques.

NOTE 12 Les niveaux de tension sont basés sur l'IEC 60664-1 dans les conditions les plus défavorables, qui ne se produisent généralement pas en pratique.

4) Vérification de la tenue à fréquence industrielle ou de la tenue à tension en continu après les essais de manœuvre en charge et les essais de court-circuit

a) Généralités

Il convient de réaliser l'essai sur le matériel tel qu'il était monté pour les essais de manœuvre en charge et les essais de court-circuit. Si ce n'est pas réalisable en pratique, il peut être déconnecté et retiré du circuit d'essai; bien que des mesures doivent être prises afin de s'assurer que ceci n'influence pas le résultat de l'essai.

b) Tension d'essai

Les exigences du point 3) b) ci-dessus doivent s'appliquer, sauf que la valeur de la tension d'essai doit être de $2 U_e$ avec une valeur minimale de 1 000 V en valeur efficace en courant alternatif, ou 1 415 V en courant continu. La valeur de U_e à laquelle il est fait référence est celle utilisée pour les essais de manœuvre en charge et/ou de court-circuit.

Si un matériel en courant alternatif ne peut pas être soumis à essai à la tension alternative (par exemple en raison de composants de filtre CEM), il doit être soumis à essai avec une alimentation en courant continu. La tension d'essai doit être de $2 \times \sqrt{2} U_e$ avec un minimum de 1 415 V en courant continu.

NOTE 13 Pour les appareils déjà soumis à un essai de type conformément à l'Amendement 1 ou 2 de l'édition 5, ou à des éditions antérieures du présent document, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai des circuits en courant continu à la tension d'essai en continu.

c) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 3) c) ci-dessus doivent s'appliquer. L'application de la feuille métallique, conformément au point 1) de 9.3.3.4.1, n'est pas exigée.

d) Critères d'acceptation

Les exigences du point 3) d) ci-dessus doivent s'appliquer.

5) Vide

6) Vide

7) Vérification des lignes de fuite

Les lignes de fuite les plus courtes entre les phases, entre les conducteurs de circuit à tensions différentes et les parties actives et les masses doivent être mesurées. Les lignes de fuite mesurées en fonction du groupe de matériaux et du degré de pollution doivent satisfaire aux exigences de 8.2.3.5.

8) Vérification du courant de fuite du matériel apte au sectionnement

Les essais doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.4.2 Essais individuels de série

1) Tension de tenue aux chocs

Les essais doivent être réalisés conformément au point 2) de 9.3.3.4.1. La tension d'essai ne doit pas être inférieure à 30 % de la tension assignée de tenue aux chocs (sans facteur de correction d'altitude) ou $2 U_i$, la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

2) Tension de tenue à fréquence industrielle

a) Tension d'essai

L'appareillage d'essai doit être le même que celui indiqué au point 3) b) de 9.3.3.4.1; il convient toutefois que la surintensité de déclenchement soit réglée à 25 mA. Dans le cas d'un matériel présentant une capacité élevée, un réglage de déclenchement plus élevé peut être nécessaire.

Le fabricant peut cependant, à sa seule discrétion et pour des raisons de sécurité, utiliser un appareillage d'essai de puissance inférieure ou de réglage de déclenchement plus bas, mais le courant de court-circuit de l'appareillage d'essai doit être au moins égal à huit fois le réglage de déclenchement nominal du relais de surintensité, par exemple pour un transformateur avec un courant de court-circuit de 40 mA, le réglage de déclenchement maximal du relais de surintensité doit être $5 \text{ mA} \pm 1 \text{ mA}$.

La valeur de la tension d'essai doit être de $2 U_e$ avec un minimum de 1 000 V en valeur efficace.

NOTE Dans le cas de valeurs multiples, U_e désigne la valeur la plus élevée marquée sur le matériel ou donnée dans la documentation du fabricant.

b) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 3) c) de 9.3.3.4.1 doivent s'appliquer, sauf que la durée d'application de la tension d'essai doit être de 1 s seulement.

Une procédure d'essai simplifiée peut cependant être utilisée en variante, s'il est considéré qu'elle soumet l'isolation à une contrainte diélectrique équivalente.

c) Critères d'acceptation

Le relais de surintensité ne doit pas déclencher.

3) Tensions combinées d'ondes de choc et à fréquence industrielle

Les normes de produits peuvent spécifier si les essais des points 1) et 2) ci-dessus peuvent être remplacés par un seul essai de tenue à fréquence industrielle, dans lequel la valeur de crête de l'onde sinusoïdale correspond à la valeur déclarée au point 1) ou au point 2), la valeur retenue étant la plus élevée des deux.

4) En aucun cas, l'application de la feuille métallique conformément au point 1) de 9.3.3.4.1 n'est exigée.

9.3.3.4.3 Essais sur prélèvement pour la vérification des distances d'isolement

1) Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier que les distances d'isolement restent conformes au plan de conception et s'appliquent uniquement au matériel présentant des distances d'isolement inférieures à celles correspondant au Tableau 13, cas A.

2) Tension d'essai

La tension d'essai doit être celle correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs.

Les normes de produits correspondantes doivent spécifier les règles d'échantillonnage et la procédure.

3) Application de la tension d'essai

Les exigences du point 2) c) de 9.3.3.4.1 doivent s'appliquer, sauf que la feuille métallique peut ne pas être appliquée sur l'organe de commande ou l'enveloppe.

4) Critères d'acceptation

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive.

9.3.3.4.4 Essais pour le matériel avec séparation de protection

Les essais pour le matériel avec séparation de protection sont donnés dans l'Annexe N.

9.3.3.5 Pouvoirs de fermeture et de coupure

9.3.3.5.1 Conditions générales d'essai

Les essais de vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure doivent être réalisés conformément aux exigences générales d'essai déclarées en 9.3.2.

Sauf spécification contraire, les tolérances pour les phases individuelles doivent être conformes au Tableau 18.

Les matériels tétrapolaires doivent être soumis à essai en tant que matériel tripolaire, le pôle inutilisé, qui dans le cas des matériels pourvus d'un pôle neutre correspond à ce pôle neutre, étant relié au bâti. Si tous les pôles sont identiques, un essai sur trois pôles adjacents est suffisant. Sinon, un essai supplémentaire doit être réalisé entre le pôle neutre et le pôle adjacent, conformément à la Figure 4, au courant assigné du pôle neutre et à la tension phase-neutre, les deux autres pôles non utilisés étant reliés au bâti.

Pour les essais de pouvoir de coupure dans les conditions de charge normale et de surcharge, les valeurs des tensions transitoires de rétablissement doivent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.5.2 Circuit d'essai

a) La Figure 3, la Figure 4, la Figure 5 et la Figure 6 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais:

- d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 3),
- d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 4),
- d'un matériel tripolaire ou de trois matériels unipolaires en courant triphasé (Figure 5),
- d'un matériel tétrapolaire en courant triphasé sur un circuit à quatre conducteurs (Figure 6).

Un schéma détaillé du circuit utilisé pour l'essai doit figurer dans le rapport d'essai.

- b) Le courant présumé aux bornes d'alimentation du matériel doit être au moins égal à 10 fois le courant d'essai ou 50 kA, la valeur retenue étant la plus faible des deux.
- c) Le circuit d'essai comprend la source d'alimentation, le matériel soumis à essai D et le circuit de charge.
- d) Le circuit de charge doit être constitué par des résistances montées en série avec des bobines d'inductance dans l'air. Les bobines d'inductance dans l'air d'une phase quelconque doivent être shuntées par des résistances absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine d'inductance.

Toutefois, lorsqu'une tension transitoire de rétablissement est spécifiée, des résistances et des condensateurs doivent être mis en parallèle sur la charge, au lieu des résistances shunt 0,6 %; la Figure 8 représente le circuit de charge complet.

NOTE 1 Pour les essais en courant continu avec $L/R > 10$ ms, une bobine d'inductance à noyau de fer peut si nécessaire être utilisée avec des résistances montées en série, en vérifiant par relevé oscillographique que la valeur L/R est telle que spécifiée ($^{+15}_0$ %) et que le temps exigé pour obtenir 95 % du courant établi est égal à $3 \times L/R \pm 20$ %.

Lorsqu'un courant transitoire d'appel est spécifié (par exemple pour les catégories d'emploi AC-5b, AC-6 et DC-6), un type de charge différent peut être précisé dans la norme de matériel correspondante.

- e) Les charges doivent être réglées de façon à obtenir, à la tension spécifiée:
- les valeurs du courant et du facteur de puissance ou de la constante de temps spécifiées dans la norme de produit correspondante;
 - la valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle;
 - lorsqu'elles sont spécifiées, la fréquence d'oscillation de la tension transitoire de rétablissement et la valeur du facteur γ .

Le facteur γ est le rapport de la valeur, U_1 , de la valeur de crête maximale de la tension transitoire de rétablissement, sur la valeur instantanée, U_2 , à l'instant du zéro de courant, de la composante de la tension de rétablissement à la fréquence industrielle (voir Figure 7).

- f) Le circuit d'essai doit être mis à la terre en un point uniquement. Cette mise à la terre peut être faite au point neutre du côté charge ou du côté source. Le rapport d'essai doit indiquer la position de ce point.

Le raccordement et la position de R et X (voir Figure 8, Figure 8a) et Figure 8b)) ne doivent pas être modifiés entre le réglage et l'essai.

- g) Toutes les parties du matériel normalement raccordées à la terre en service, y compris l'enveloppe ou les écrans, doivent être isolées de la terre et raccordées comme indiqué dans la Figure 3, la Figure 4, la Figure 5 ou la Figure 6.

Ce raccordement doit comprendre un élément fusible F constitué par un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre et d'au moins 50 mm de long, ou un élément fusible équivalent, pour la détection du courant de défaut.

Le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible doit être de $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, à l'exception de ce qui est indiqué dans les Notes 2 et 3. Si nécessaire, une résistance limitant le courant à cette valeur doit être utilisée.

NOTE 2 Un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre fondra à 1 500 A en une demi-période environ à une fréquence comprise entre 45 Hz et 67 Hz (ou 0,01 s en courant continu).

NOTE 3 Dans le cas d'une alimentation à neutre artificiel, un courant de défaut présumé de plus faible valeur peut être accepté, sous réserve d'accord du fabricant, avec un fil de diamètre plus petit selon la liste suivante.

Liste des diamètres de fil de cuivre (en millimètres) associés aux courants de défaut présumés dans le circuit de l'élément fusible (en ampères):

0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

NOTE 4 Pour la valeur de la résistance de l'élément fusible du circuit, voir 9.3.2.1.

9.3.3.5.3 Caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement

Pour simuler les conditions dans les circuits comprenant des charges constituées par des moteurs (charges inductives), la fréquence d'oscillation du circuit de charge doit être réglée à la valeur donnée par la formule ci-après:

$$f = 2\,000 \times I_c^{0,2} \times U_e^{-0,8} \pm 10\%$$

où

f désigne la fréquence d'oscillation, en kHz;

I_c désigne le courant coupé, en A;

U_e désigne la tension assignée d'emploi du matériel, en V.

Le facteur γ doit être réglé à la valeur:

$$\gamma = 1,1 \pm 0,05$$

La valeur de la réactance nécessaire à l'essai peut être obtenue en montant plusieurs bobines d'inductance en parallèle, à condition que la tension transitoire de rétablissement puisse encore être considérée comme n'ayant qu'une seule fréquence d'oscillation. Ceci est généralement le cas lorsque les bobines d'inductance ont à peu près la même constante de temps.

Les connexions entre les bornes de charge du matériel et les bornes du circuit de charge une fois réglé doivent être aussi courtes que possible. Il convient d'effectuer le réglage avec ces connexions en place.

Deux procédures de réglage du circuit de charge, selon la position du point de mise à la terre, sont données à l'Annexe E.

9.3.3.5.4 Vide

9.3.3.5.5 Procédure d'essai pour les pouvoirs de fermeture et de coupure

Le nombre de manœuvres, les durées de passage et d'interruption du courant et les conditions ambiantes doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.5.6 Comportement du matériel pendant et après les essais de pouvoir de fermeture et de coupure

Les critères d'acceptation pendant et après les essais doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.6 Aptitude au fonctionnement en service

Des essais doivent être réalisés pour vérifier la conformité aux exigences de 8.2.4.2. Le circuit d'essai doit être conforme à 9.3.3.5.2 et 9.3.3.5.3.

Les détails des conditions d'essai doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

9.3.3.7 Durabilité

9.3.3.7.1 Généralités

Les essais de durabilité sont destinés à vérifier le nombre de cycles de manœuvres qu'un matériel est susceptible d'effectuer sans réparation ni remplacement de pièces.

Les essais de durabilité constituent la base d'une estimation statistique de la durée de vie, lorsque les quantités mises en fabrication le permettent.

9.3.3.7.2 Durabilité mécanique

Au cours de l'essai, le circuit principal ne doit être soumis à aucune tension ni traversé par aucun courant. Le matériel peut être lubrifié avant l'essai si la lubrification est prescrite en service normal.

Le circuit de commande doit être alimenté à sa tension assignée et, le cas échéant, à sa fréquence assignée.

Les matériels pneumatiques et électropneumatiques doivent être alimentés en air comprimé à la pression assignée.

Les matériels à commande manuelle doivent être manœuvrés comme en service normal.

Le nombre de cycles de manœuvres ne doit pas être inférieur à celui qui est prescrit par la norme de produit correspondante pour l'essai.

Dans le cas de matériels comportant des relais ou des déclencheurs d'ouverture, le nombre total de manœuvres d'ouverture à exécuter à l'aide de ces relais ou déclencheurs doit être spécifié dans la norme de produit correspondante.

La norme de produit correspondante doit définir l'interprétation des résultats d'essai.

9.3.3.7.3 Durabilité électrique

Les conditions d'essai sont celles de 9.3.3.7.2, sauf que le circuit principal est alimenté conformément aux exigences de la norme de produit correspondante.

La norme de produit correspondante doit définir l'interprétation des résultats d'essai.

9.3.3.8 Impédance de pôle

L'impédance de pôle doit être déterminée pendant l'essai et dans les conditions données en 9.3.3.3.4. L'essai dans une enveloppe n'est pas réputé nécessaire, même si l'appareil de connexion peut être utilisé dans une enveloppe individuelle.

La chute de tension, U_d , doit être mesurée entre les bornes d'alimentation et de charge (bornes incluses) de l'appareil de connexion à l'aide des mêmes points de mesure que ceux utilisés pour l'échauffement. La mesure doit être effectuée après une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante.

L'impédance par pôle est définie de la façon suivante:

$$Z = U_d / I_{th} [\Omega]$$

La valeur déclarée (voir 6.1), en présence de plusieurs pôles identiques, doit être égale à la valeur moyenne obtenue suite aux essais.

Il convient de veiller à ce que l'impact de la mesure de la chute de tension sur l'échauffement et l'impédance ne soit pas significatif.

NOTE La méthode est la même, quel que soit le nombre de pôles de l'appareil de connexion.

9.3.4 Fonctionnement en court-circuit

9.3.4.1 Conditions générales pour les essais de court-circuit

9.3.4.1.1 Exigences générales

Le paragraphe 9.3.4 spécifie les conditions d'essai pour la vérification des caractéristiques assignées et des valeurs limites de 8.2.5. Les exigences supplémentaires concernant la procédure d'essai, la séquence de manœuvres, la séquence d'essais, l'état du matériel après les essais et les essais de coordination du matériel avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) sont indiquées dans la norme de produit correspondante.

Les exigences générales de 9.3.2.1 s'appliquent. Le mécanisme de commande doit être manœuvré dans les conditions spécifiées dans la norme de produit correspondante. Si le mécanisme est à commande électrique ou pneumatique, il doit être alimenté à la tension minimale ou la pression minimale spécifiée dans la norme de produit correspondante. Il doit être vérifié que le matériel fonctionne correctement à vide lorsqu'il est manœuvré dans les conditions ci-dessus.

Des conditions d'essai supplémentaires peuvent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.3.4.1.2 Circuit d'essai

- a) La Figure 9, la Figure 10, la Figure 11 et la Figure 12 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais:
- d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 9),
 - d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (Figure 10),
 - d'un matériel tripolaire en courant triphasé (Figure 11),
 - d'un matériel tétrapolaire en courant triphasé sur un circuit à quatre conducteurs (Figure 12).

Un schéma détaillé du circuit utilisé pour l'essai doit figurer dans le rapport d'essai.

Pour les combinaisons avec des DPCC, il convient que la norme de produit correspondante spécifie la disposition respective du DPCC et du matériel soumis à essai.

- b) La source S alimente un circuit comprenant des résistances, R_1 , des bobines d'inductance, X , et le matériel soumis à essai, D .

Elle doit, dans tous les cas, avoir une puissance suffisante pour permettre la vérification des caractéristiques indiquées par le fabricant.

La résistance et la réactance du circuit d'essai doivent être réglables pour satisfaire aux conditions d'essai spécifiées. Les bobines d'inductance X doivent être des bobines d'inductance dans l'air. Elles doivent toujours être placées en série avec les résistances R_1 et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série de bobines d'inductance élémentaires; le couplage en parallèle de bobines d'inductance est admis lorsque ces bobines d'inductance ont pratiquement la même constante de temps.

Etant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement des circuits d'essai comprenant des bobines d'inductance dans l'air de valeur élevée ne correspondent pas aux conditions habituelles de service, la bobine d'inductance dans l'air dans chaque phase doit être shuntée par une résistance absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine d'inductance, sauf accord contraire entre le fabricant et l'utilisateur.

- c) Dans chacun des circuits d'essai (Figure 9, Figure 10, Figure 11 et Figure 12), les résistances et les bobines d'inductance sont placées entre la source d'alimentation, S , et le matériel soumis à essai, D . Les positions du dispositif d'enclenchement A et des dispositifs de détection de courant (I_1 , I_2 , I_3) peuvent être différentes. Le dispositif d'enclenchement A peut être disposé dans la partie basse tension ou, en variante, dans la partie primaire. Dans ce dernier cas, il faut que la station d'essai démontre que l'onde de tension n'est pas déformée par le flux résiduel du transformateur de courant de court-circuit. Les raccordements entre le matériel soumis à essai et le circuit d'essai doivent être spécifiés dans la norme de produit correspondante.

Lorsque les essais sont réalisés avec un courant inférieur à sa valeur assignée, il convient que les impédances supplémentaires exigées soient insérées en aval du matériel, entre celui-ci et le court-circuit; elles peuvent cependant être insérées en amont, auquel cas le rapport d'essai doit le mentionner.

Ceci peut ne pas s'appliquer aux essais de tenue au courant de courte durée admissible (voir 9.3.4.3).

Sauf accord particulier entre le fabricant et l'utilisateur, dont les détails auront été consignés dans le rapport d'essai, le schéma du circuit d'essai doit être conforme aux figures.

Il ne doit y avoir qu'un point et un seul du circuit d'essai raccordé à la terre; ce peut être la connexion de court-circuit du circuit d'essai ou le neutre de la source ou d'un quelconque autre point convenable, mais la manière dont est effectuée la mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

- d) Toutes les parties du matériel normalement raccordées à la terre en service, y compris l'enveloppe ou les écrans, doivent être isolées de la terre et raccordées à un point comme indiqué dans la Figure 9, la Figure 10, la Figure 11 ou la Figure 12.

Ce raccordement doit comprendre un élément fusible, F , constitué par un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre et d'au moins 50 mm de long, ou un élément fusible équivalent, pour la détection du courant de défaut.

Le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible doit être de $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, à l'exception de ce qui est indiqué dans les Notes 2 et 3. Si nécessaire, une résistance limitant le courant à cette valeur doit être utilisée.

NOTE 1 Un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre fondra à 1 500 A en une demi-période environ à une fréquence comprise entre 45 Hz et 67 Hz (ou 0,01 s en courant continu).

NOTE 2 Dans le cas d'une alimentation à neutre artificiel, un courant de défaut présumé de plus faible valeur peut être accepté, sous réserve d'accord du fabricant, avec un fil de diamètre plus petit selon la liste suivante.

Liste des diamètres de fil de cuivre (en mm) associés aux courants de défaut présumés dans le circuit de l'élément fusible (en A):

0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

NOTE 3 Pour la valeur de la résistance de l'élément fusible du circuit, voir 9.3.2.1.

9.3.4.1.3 Facteur de puissance du circuit d'essai

En courant alternatif, il convient que le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai soit déterminé suivant une méthode reconnue, qui doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Deux exemples sont donnés à l'Annexe F.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la valeur moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Le facteur de puissance doit être comme indiqué au Tableau 16.

La différence entre cette valeur moyenne et les valeurs maximales et minimales des facteurs de puissance dans les différentes phases doit rester dans les tolérances $\pm 0,05$.

9.3.4.1.4 Constante de temps du circuit d'essai

En courant continu, la constante de temps du circuit d'essai peut être déterminée suivant la méthode donnée à l'Article F.2.

La constante de temps doit être comme indiqué au Tableau 16.

9.3.4.1.5 Etalonnage du circuit d'essai

L'étalonnage du circuit d'essai est effectué en plaçant des connexions provisoires B d'impédance négligeable aussi près qu'il est possible de le faire des bornes destinées au raccordement du matériel soumis à essai.

En courant alternatif, les résistances R_1 et les bobines d'inductance X sont réglées de façon à obtenir, à la tension appliquée, un courant égal au pouvoir assigné de coupure en court-circuit ainsi que le facteur de puissance spécifié en 9.3.4.1.3.

Pour déterminer le pouvoir de fermeture en court-circuit du matériel soumis à essai, il faut étalonner le circuit de manière à s'assurer que le courant établi présumé est établi sur l'une des phases.

NOTE La tension appliquée est la tension en circuit ouvert nécessaire à l'obtention de la tension spécifiée de rétablissement à fréquence industrielle (mais voir aussi la Note 1 de 9.3.2.2.3).

En courant continu, les résistances R_1 et les bobines d'inductance X sont réglées de façon à obtenir, à la tension d'essai, un courant dont la valeur maximale est égale au pouvoir assigné de coupure en court-circuit, ainsi que la constante de temps spécifiée en 9.3.4.1.4.

Le circuit d'essai est alimenté simultanément sur tous les pôles et la courbe du courant est enregistrée pendant une durée d'au moins 0,1 s.

Dans le cas des appareils de connexion pour courant continu dont la séparation des contacts s'effectue avant que la valeur de crête de la courbe d'étalonnage ne soit atteinte, il suffit d'enregistrer l'étalonnage avec une résistance pure supplémentaire dans le circuit pour démontrer que la vitesse d'accroissement du courant, exprimée en A/s, est la même que celle qui correspond au courant d'essai et à la constante de temps spécifiés (voir Figure 15). Cette résistance supplémentaire doit être telle que la valeur de crête de la courbe du courant d'étalonnage soit au moins égale à la valeur de crête du courant coupé. Lors de l'essai réel, cette résistance doit être supprimée (voir 9.3.4.1.8, point b)).

9.3.4.1.6 Procédure d'essai

Après étalonnage du circuit d'essai conformément à 9.3.4.1.5, les connexions provisoires sont remplacées par le matériel soumis à essai et ses câbles de raccordement, s'il y a lieu.

Les essais de fonctionnement en conditions de court-circuit doivent être réalisés conformément aux exigences de la norme de produit correspondante.

9.3.4.1.7 Comportement du matériel au cours des essais de fermeture et de coupure en court-circuit

Il ne doit pas se produire d'arc ou de contournement entre pôles ou entre les pôles et le bâti, ni de fusion de l'élément fusible F du circuit de détection de fuite (voir 9.3.4.1.2).

Des exigences supplémentaires peuvent être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.3.4.1.8 Interprétation des enregistrements

- a) Détermination de la tension appliquée et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle sont déterminées d'après l'enregistrement correspondant à l'essai de coupure réalisé avec l'appareillage soumis à essai et évaluées comme indiqué dans la Figure 13 en courant alternatif, et dans la Figure 14 en courant continu.

La tension côté source doit être mesurée au cours de la première période complète après l'extinction de l'arc sur tous les pôles et l'atténuation des phénomènes à haute fréquence (voir Figure 13).

Si des informations supplémentaires sont exigées, concernant par exemple la tension à travers l'un des pôles, la durée d'arc, l'énergie d'arc, etc., celles-ci peuvent être obtenues par l'intermédiaire de capteurs supplémentaires à travers chaque pôle et, dans ce cas, la résistance de chacun de ces circuits de mesure supplémentaires ne doit pas être inférieure à 100 Ω par volt de la valeur efficace de la tension à travers les pôles pris séparément; cette valeur doit être consignée dans le rapport d'essai.

b) Détermination du courant coupé présumé

Cette détermination s'effectue en comparant les courbes de courant relevées à l'enregistreur lors de l'étalonnage du circuit et celles relevées lors de l'essai de coupure du matériel (voir Figure 13).

En courant alternatif, la composante alternative du courant coupé présumé est considérée comme étant égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage à l'instant correspondant à la séparation des contacts d'arc (valeur correspondant à $A_2/2\sqrt{2}$ de la Figure 13, point a)). Le courant coupé présumé doit être la moyenne des courants présumés dans toutes les phases avec la tolérance indiquée dans le Tableau 18; la valeur du courant présumé dans chaque phase doit se situer à $\pm 10\%$ de la valeur assignée.

NOTE 1 Avec l'accord du fabricant, le courant dans chaque phase peut se situer à $\pm 10\%$ de la valeur moyenne.

En courant continu, la valeur du courant coupé présumé est considérée comme étant égale à la valeur maximale A_2 déterminée d'après la courbe d'étalonnage pour les matériels qui coupent avant que le courant n'ait atteint sa valeur maximale, et à la valeur A pour les matériels qui coupent après que le courant a dépassé sa valeur maximale (voir Figure 14, points a) et b)).

Dans le cas de matériels pour courant continu soumis à essai conformément aux exigences de 9.3.4.1.5, si l'étalonnage du circuit d'essai a été effectué à un courant, I_1 , inférieur au pouvoir assigné de coupure, l'essai est considéré comme nul si le courant réellement coupé, I_2 , est supérieur à I_1 , et il doit être répété après un étalonnage à un courant, I_3 , de valeur supérieure à I_2 (voir Figure 15).

Le courant coupé présumé $A_2 = U/R$ doit être déterminé en calculant la résistance R du circuit d'essai à partir des résistances R_1 des circuits d'étalonnage correspondants. La constante de temps du circuit d'essai est donnée par la formule suivante:

$$T = \frac{A_2}{di/dt}$$

Les tolérances doivent être conformes au Tableau 18.

c) Détermination de la valeur de crête du courant établi présumé

La valeur de crête du courant établi présumé est déterminée à partir de l'enregistrement d'étalonnage et elle doit être considérée comme étant égale à A_1 de la Figure 13, point a), pour le courant alternatif, et égale à A_2 de la Figure 14 pour le courant continu. Dans le cas d'un essai triphasé, elle doit être considérée comme étant égale à la plus forte des trois valeurs A_1 obtenues sur l'enregistrement d'étalonnage.

NOTE 2 Dans le cas d'essais sur un matériel unipolaire, la valeur de crête du courant établi présumé, déterminée d'après l'enregistrement d'étalonnage, peut être différente de la valeur réelle du courant établi correspondant à l'essai, suivant l'instant d'établissement.

9.3.4.1.9 Etat du matériel après les essais

Après les essais, le matériel doit satisfaire aux exigences de la norme de produit correspondante.

9.3.4.2 Pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit

La procédure d'essai pour la vérification des pouvoirs assignés de fermeture et de coupure en court-circuit doit être indiquée dans la norme de produit correspondante.

9.3.4.3 Vérification de la tenue au courant assigné de courte durée admissible

L'essai doit être réalisé sur le matériel en position de fermeture, avec un courant présumé de valeur égale à celle du courant assigné de courte durée admissible et à la tension d'emploi correspondante dans les conditions générales de 9.3.4.1.

Au cas où la station d'essai rencontrerait des difficultés pour réaliser cet essai à la tension d'emploi, elle pourrait le réaliser sous une quelconque tension convenable plus faible, le courant réel d'essai étant, dans ce cas, égal au courant assigné de courte durée admissible I_{cw} . Cela doit être mentionné dans le rapport d'essai. Cependant, si une séparation momentanée des contacts se produit au cours de l'essai, celui-ci doit être répété à la tension assignée d'emploi.

Pour cet essai, tout déclencheur à maximum de courant, s'il en existe, susceptible de fonctionner au cours de l'essai, doit être rendu inactif par un quelconque moyen approprié.

a) Pour le courant alternatif:

Les essais doivent être réalisés à la fréquence assignée du matériel avec une tolérance de $\pm 25\%$ et au facteur de puissance correspondant au courant assigné de courte durée admissible, conformément au Tableau 16.

La valeur du courant au cours de l'étalonnage est la moyenne des valeurs efficaces des composantes alternatives dans toutes les phases (voir 5.3.6.1). La valeur moyenne doit être égale à la valeur assignée, en respectant tolérances spécifiées dans le Tableau 18.

Dans chaque phase, le courant doit se situer à $\pm 5\%$ de la valeur assignée.

Lorsque l'essai est réalisé à la tension assignée d'emploi, le courant d'étalonnage est le courant présumé.

Lorsque l'essai est réalisé à une quelconque tension plus basse, le courant d'étalonnage est le courant d'essai.

Le courant doit être appliqué pendant la durée spécifiée au cours de laquelle la valeur efficace de sa composante alternative doit rester constante.

NOTE Après accord du fabricant, le courant dans chaque phase peut se situer à $\pm 10\%$ de la valeur moyenne en cas de difficultés de la station d'essai.

La valeur de crête la plus élevée du courant pendant sa première période ne doit pas être inférieure à n fois le courant assigné de courte durée admissible, la valeur n étant celle qui correspond à cette valeur de courant dans le Tableau 16.

Si cependant les caractéristiques de la station d'essai sont telles que ces exigences ne peuvent être satisfaites, les variantes ci-après sont admises, sous réserve que:

$$\int_0^{t_{\text{test}}} i_{\text{test}}^2 dt \geq I^2 \times t_{\text{st}}$$

où

t_{test} désigne la durée de l'essai;

t_{st} désigne la courte durée;

i_{test} désigne le courant d'étalonnage si la composante alternative n'est pas constante ou $\geq I_{cw}$;

I désigne le courant réel d'étalonnage ayant par hypothèse une composante alternative constante.

Si le décrétement du courant de court-circuit de la station d'essai est tel que le courant assigné de courte durée admissible ne peut être obtenu pendant la durée assignée sans

nécessiter l'application initiale d'un courant trop élevé, il peut être admis de réduire la valeur efficace du courant pendant l'essai au-dessous de la valeur spécifiée, la durée de l'essai étant augmentée en conséquence, sous réserve que la valeur de crête maximale du courant ne soit pas inférieure à celle qui est spécifiée.

Si, en vue d'obtenir la valeur de crête exigée, la valeur efficace du courant doit être augmentée au-delà de la valeur spécifiée, la durée de l'essai doit être réduite en conséquence.

b) Pour le courant continu:

Le courant doit être appliqué pendant la durée spécifiée et sa valeur moyenne, déterminée d'après l'enregistrement, doit être au moins égale à celle qui est spécifiée.

Si les caractéristiques de la station d'essai sont telles que les exigences ci-dessus ne peuvent être satisfaites pendant la durée assignée sans nécessiter l'application initiale d'un courant trop élevé, il peut être admis de réduire la valeur du courant pendant l'essai au-dessous de la valeur spécifiée, la durée de l'essai étant augmentée en conséquence, sous réserve que la valeur maximale du courant ne soit pas inférieure à celle qui est spécifiée.

Si la station d'essai ne permet pas de réaliser ces essais en courant continu, ceux-ci pourront, par accord entre le fabricant et l'utilisateur, être réalisés en courant alternatif, moyennant certaines précautions; par exemple, la valeur de crête du courant ne doit pas dépasser le courant admissible.

c) Comportement du matériel pendant et après l'essai

Le comportement du matériel au cours de l'essai doit être défini dans la norme de produit correspondante.

Après l'essai, le matériel doit pouvoir être manœuvré à l'aide de ses organes de manœuvre normaux.

9.3.4.4 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits et courant conditionnel de court-circuit assigné

Pour la coordination, voir l'Annexe X.

Les conditions et les procédures d'essai pour le courant conditionnel de court-circuit assigné doivent, le cas échéant, être spécifiées dans la norme de produit correspondante.

9.4 Essais pour la CEM

9.4.1 Généralités

Aucun essai n'est exigé pour le matériel ne comprenant pas de circuits électroniques (voir 8.3.1).

Les essais d'émission et d'immunité sont des essais de type et doivent être réalisés en utilisant les instructions du fabricant pour l'installation.

La norme de produit doit spécifier toutes les conditions d'essai spécifiques et les mesures supplémentaires nécessaires pour vérifier les critères de comportement du produit.

9.4.2 Immunité

9.4.2.1 Généralités

Les niveaux d'essai d'immunité du présent document correspondent à l'environnement industriel sévère défini dans l'IEC 61000-6-2. Sous réserve d'accord entre l'utilisateur et le fabricant, des exigences de niveau plus élevé (par exemple pour les sous-stations MT/BT), conformément à l'IEC 61000-6-5, s'appliquent.

Les critères de comportement doivent être donnés dans la norme de produit, basés sur les critères d'acceptation donnés dans le Tableau 24, conformément aux niveaux minimaux exigés dans le Tableau 23.

9.4.2.2 Décharges électrostatiques

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-2, aux valeurs indiquées dans le Tableau 23, sauf lorsqu'un niveau d'essai différent est indiqué et justifié dans la norme de produit.

9.4.2.3 Champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-3, aux valeurs indiquées dans le Tableau 23, sauf lorsqu'un niveau d'essai différent est indiqué et justifié dans la norme de produit.

9.4.2.4 Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-6, avec les valeurs données dans le Tableau 23.

9.4.2.5 Transitoires électriques rapides en sèves

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-4, avec les valeurs données dans le Tableau 23.

9.4.2.6 Surtensions

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-5, avec les valeurs données dans le Tableau 23.

9.4.2.7 Champs magnétiques à la fréquence industrielle

La méthode d'essai doit être conforme à l'IEC 61000-4-8 avec les niveaux d'essai définis dans le Tableau 23.

9.4.2.8 Creux et coupures brèves de tension

Cet essai doit être réalisé conformément à l'IEC 61000-4-11 pour les niveaux inférieurs à 16 A, et conformément à l'IEC 61000-4-34 pour les niveaux supérieurs à 16 A.

9.4.3 Emissions

Les exigences de 8.3.3 s'appliquent.

Chaque norme de produit de cette série doit spécifier les exigences d'émission, le cas échéant.

**Tableau 1 – Sections nominales des conducteurs ronds
en cuivre et relation approximative entre les dimensions en mm²
et les dimensions dans le système AWG/kcmil
(voir 8.1.8.2)**

Section nominale mm ²	Taille AWG/kcmil	Section métrique équivalente mm ²
0,2	24	0,205
0,34	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
–	1	42,4
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
–	400 kcmil	203
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304

NOTE Le cas échéant, la présence d'un tiret est à considérer comme une dimension, par référence à la capacité de raccordement (voir 8.1.8.2).

Tableau 2 – Limites d'échauffement des bornes
(voir 8.2.2.2 et 9.3.3.3.4)

Matériau de la borne	Limites d'échauffement ^{a, c} K
Cuivre nu	60
Laiton nu	65
Cuivre ou laiton étamé	65
Cuivre ou laiton argenté ou nickelé	70
Autres métaux	b
^a L'emploi en service de conducteurs notablement plus petits que ceux énumérés dans le Tableau 9 et le Tableau 10 pourrait conduire à des températures des bornes et des parties internes plus élevées, et il convient de ne pas utiliser de tels conducteurs sans l'accord du fabricant, car des températures plus élevées peuvent entraîner une défaillance du matériel. ^b Les limites d'échauffement sont à fixer en fonction de l'expérience acquise en service ou des essais de durée, sans toutefois dépasser 65 K. ^c Les normes de produits peuvent prescrire des valeurs différentes pour des conditions d'essai différentes et pour des matériels de petites dimensions, mais ne dépassant pas de plus de 10 K les valeurs de ce tableau.	

Tableau 3 – Limites d'échauffement des parties accessibles
(voir 8.2.2.3 et 9.3.3.3.4)

Parties accessibles	Limites d'échauffement ^a K
Organes de commande manuelle:	
Métalliques	15
Non métalliques	25
Parties destinées à être touchées mais pas tenues à la main:	
Métalliques	30
Non métalliques	40
Parties qu'il n'est pas nécessaire de toucher en service normal:	
Parties extérieures d'enveloppes adjacentes à des entrées de câbles:	
Métalliques	40
Non métalliques	50
Parties extérieures d'enveloppes contenant des résistances	200 ^b
Sorties d'air au niveau des orifices de ventilation des enveloppes contenant des résistances	200 ^b
^a Les normes de produits peuvent prescrire des valeurs différentes pour des conditions d'essai différentes et pour des matériels de petites dimensions, mais ne dépassant pas de plus de 10 K les valeurs de ce tableau. ^b Le matériel doit être protégé contre les contacts avec des matériaux combustibles ou les contacts accidentels avec le personnel. La limite de 200 K peut être dépassée sur indication du fabricant. Le fabricant doit fournir les renseignements appropriés, conformément à 6.3.	

**Tableau 4 – Couples de serrage pour la vérification
de la résistance mécanique des bornes à vis**
(voir 9.2.5.2 et 9.3.2.1)

Diamètre de la vis mm				Couple de serrage N·m		
Valeurs normalisées du système métrique	Plage de diamètres			I	II	III
1,6	≤ 1,6			0,05	0,1	0,1
2,0	> 1,6	jusqu'à inclusivement	2,0	0,1	0,2	0,2
2,5	> 2,0	jusqu'à inclusivement	2,8	0,2	0,4	0,4
3,0	> 2,8	jusqu'à inclusivement	3,0	0,25	0,5	0,5
–	> 3,0	jusqu'à inclusivement	3,2	0,3	0,6	0,6
3,5	> 3,2	jusqu'à inclusivement	3,6	0,4	0,8	0,8
4,0	> 3,6	jusqu'à inclusivement	4,1	0,7	1,2	1,2
4,5	> 4,1	jusqu'à inclusivement	4,7	0,8	1,8	1,8
5	> 4,7	jusqu'à inclusivement	5,3	0,8	2,0	2,0
6	> 5,3	jusqu'à inclusivement	6,0	1,2	2,5	3,0
8	> 6,0	jusqu'à inclusivement	8,0	2,5	3,5	6,0
10	> 8,0	jusqu'à inclusivement	10,0	–	4,0	10,0
12	> 10	jusqu'à inclusivement	12	–	–	14,0
14	> 12	jusqu'à inclusivement	15	–	–	19,0
16	> 15	jusqu'à inclusivement	20	–	–	25,0
20	> 20	jusqu'à inclusivement	24	–	–	36,0
24	> 24			–	–	50,0
Colonne I	S'applique aux vis sans tête qui, lorsqu'elles sont serrées, ne dépassent pas de leur logement et aux autres vis qui ne peuvent être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le fond de filet de la vis.					
Colonne II	S'applique aux écrous et aux vis serrés au moyen d'un tournevis.					
Colonne III	S'applique aux écrous et aux vis qui peuvent être serrés par des moyens autres qu'un tournevis.					

Tableau 5 – Valeurs d'essai pour les essais de flexion et de traction des conducteurs ronds en cuivre
(voir 9.2.5.4.1)

Section du conducteur		Diamètre du trou du manchon ^{a, b}	Hauteur H^a	Masse	Effort de traction
mm ²	Système AWG/kcmil	mm	mm	kg	N
0,2	24	6,5	260	0,2	10
0,34	22	6,5	260	0,2	15
0,5	20	6,5	260	0,3	20
0,75	18	6,5	260	0,4	30
1,0	–	6,5	260	0,4	35
1,5	16	6,5	260	0,4	40
2,5	14	9,5	280	0,7	50
4,0	12	9,5	280	0,9	60
6,0	10	9,5	280	1,4	80
10	8	9,5	280	2,0	90
16	6	13,0	300	2,9	100
25	4	13,0	300	4,5	135
–	3	14,5	320	5,9	156
35	2	14,5	320	6,8	190
–	1	15,9	343	8,6	236
50	0	15,9	343	9,5	236
70	00	19,1	368	10,4	285
95	000	19,1	368	14	351
–	0000	19,1	368	14	427
120	250 kcmil	22,2	406	14	427
150	300 kcmil	22,2	406	15	427
185	350 kcmil	25,4	432	16,8	503
–	400 kcmil	25,4	432	16,8	503
240	500 kcmil	28,6	464	20	578
300	600 kcmil	28,6	464	22,7	578

^a Tolérances: pour la hauteur $H \pm 15$ mm, pour le diamètre du trou du manchon ± 2 mm.

^b Si le diamètre du trou du manchon n'est pas assez grand pour recevoir le conducteur sans retenue, un manchon dont la taille du trou est immédiatement supérieure peut être utilisé.

Tableau 6 – Valeurs d'essai pour l'essai de traction des conducteurs plats en cuivre
(voir 9.2.5.4.2)

Largeur maximale des conducteurs plats	Effort de traction
mm	N
12	100
14	120
16	160
20	180
25	220
30	280

Tableau 7 – Sections maximales des conducteurs et gabarits correspondants
(voir 9.2.5.5.1)

Section du conducteur		Gabarit (voir Figure 2)					
Ame souple	Conducteur massif ou toronné	Forme A			Forme B		Tolérances admissibles pour a et b
		Marquage	Diamètre a mm	Largeur b mm	Marquage	Diamètre a mm	
mm ²	mm ²						mm
1,5	1,5	A1	2,4	1,5	B1	1,9	0 -0,05
2,5	2,5	A2	2,8	2,0	B2	2,4	
2,5	4	A3	2,8	2,4	B3	2,7	
4	6	A4	3,6	3,1	B4	3,5	0 -0,06
6	10	A5	4,3	4,0	B5	4,4	
10	16	A6	5,4	5,1	B6	5,3	
16	25	A7	7,1	6,3	B7	6,9	0 -0,07
25	35	A8	8,3	7,8	B8	8,2	
35	50	A9	10,2	9,2	B9	10,0	
50	70	A10	12,3	11,0	B10	12,0	0 -0,08
70	95	A11	14,2	13,1	B11	14,0	
95	120	A12	16,2	15,1	B12	16,0	
120	150	A13	18,2	17,0	B13	18,0	
150	185	A14	20,2	19,0	B14	20,0	
185	240	A15	22,2	21,0	B15	22,0	0 -0,09
240	300	A16	26,5	24,0	B16	26,0	

NOTE Pour les sections de conducteurs normalisés, massifs ou toronnés, de formes différentes de celles données dans ce tableau, un conducteur non préparé de section appropriée peut être utilisé comme gabarit, avec une force d'insertion inférieure ou égale à 5 N.

Tableau 8 – Relation entre la section et le diamètre du conducteur

Section du conducteur	Diamètre théorique du conducteur le plus gros						
	Système métrique			Système AWG/kcmil			
	Conducteur massif	Conducteur toronné	Conducteur souple	Conducteur rigide			Conducteur souple
				Gabarit	b Ame massive	b Classe B Ame câblée	c Classes I.K.M. Ame câblée
mm ²	mm	mm	mm		mm	mm	mm
0,2	0,51	0,53	0,61	24	0,54	0,61	0,64
0,34	0,63	0,66	0,8	22	0,68	0,71	0,80
0,5	0,9	1,1	1,1	20	0,85	0,97	1,02
0,75	1,0	1,2	1,3	18	1,07	1,23	1,28
1,0	1,2	1,4	1,5	–	–	–	–
1,5	1,5	1,7	1,8	16	1,35	1,55	1,60
2,5	1,9	2,2	2,3 ^a	14	1,71	1,95	2,08
4,0	2,4	2,7	2,9 ^a	12	2,15	2,45	2,70
6,0	2,9	3,3	3,9 ^a	10	2,72	3,09	3,36
10,0	3,7	4,2	5,1	8	3,43	3,89	4,32
16,0	4,6	5,3	6,3	6	4,32	4,91	5,73
25,0	–	6,6	7,8	4	5,45	6,18	7,26
35,0	–	7,9	9,2	2	6,87	7,78	9,02
50		9,1	11,0 ^a	0		9,64	12,08
70		11,0	13,1 ^a	00		11,17	13,54
95		12,9	15,1 ^a	000		12,54	15,33
–			–	0000		14,08	17,22
120		14,5	17,0 ^a	250		15,34	19,01
150		16,2	19,0 ^a	300		16,80	20,48
185		18,0	21,0 ^a	350		18,16	22,05
–		–	–	400		19,42	24,05
240		20,6	24,0 ^a	500		21,68	26,57
300		23,1	27,0 ^a	600		23,82	30,03

NOTE Les diamètres des conducteurs rigides et des conducteurs souples les plus gros sont basés sur le Tableau 1 et le Tableau 3 de l'IEC 60228:2004 et sur l'IEC TR 60344 et, pour les dimensions dans le système AWG, sur le document ASTM B172-71.

^a Dimensions pour les âmes souples de classe 5 uniquement, conformément à l'IEC 60228.

^b Diamètre nominal +5 %.

^c Diamètre le plus gros pour chacune des trois classes I, K, M +5 %.

**Tableau 9 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants
d'essai inférieurs ou égaux à 400 A**
(voir 9.3.3.3.4)

Domaine de courants d'essai ^a		Dimension du conducteur ^{b, c, d}	
A		mm ²	Système AWG/kcmil
0	1	0,2	24
1	2	0,34	22
2	3	0,5	20
3	6	0,75	18
6	8	1,0	-
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250 kcmil
250	275	150	300 kcmil
275	300	185	350 kcmil
300	350	185	400 kcmil
350	400	240	500 kcmil

^a La valeur du courant d'essai doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la deuxième valeur de cette colonne.

^b Pour faciliter l'essai et avec l'accord du fabricant, des conducteurs de section plus faible que celle indiquée pour un courant d'essai déterminé peuvent être utilisés.

^c Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau 1.

^d L'un ou l'autre des deux conducteurs spécifiés pour un domaine de courants d'essai donné peut être utilisé.

Tableau 10 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 800 A
(voir 9.3.3.3.4)

Domaine de courants d'essai ^a		Conducteurs ^{b, c, d}			
		Système métrique		Système kcmil	
		Quantité	Dimension mm ²	Quantité	Dimension kcmil
A					
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300

^a La valeur du courant d'essai doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la deuxième valeur de cette colonne.

^b Pour faciliter l'essai et avec l'accord du fabricant, des conducteurs de section plus faible que celle indiquée pour un courant d'essai déterminé peuvent être utilisés.

^c Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau 1.

^d L'un ou l'autre des deux conducteurs spécifiés pour un domaine de courants d'essai donné peut être utilisé.

Tableau 11 – Barres d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 3 150 A
(voir 9.3.3.3.4)

Domaine de courants d'essai ^a		Barres en cuivre ^{b, c, d, e, f}			
		Quantité	Dimensions		Dimensions
			mm		Pouces
A					
400	500	2	30	× 5	1 × 0,250
500	630	2	40	× 5	1,25 × 0,250
630	800	2	50	× 5	1,5 × 0,250
800	1 000	2	60	× 5	2 × 0,250
1 000	1 250	2	80	× 5	2,5 × 0,250
1 250	1 600	2	100	× 5	3 × 0,250
1 600	2 000	3	100	× 5	3 × 0,250
2 000	2 500	4	100	× 5	3 × 0,250
2 500	3 150	3	100	× 10	6 × 0,250

^a La valeur du courant d'essai doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la deuxième valeur de cette colonne.

^b Pour faciliter l'essai et avec l'accord du fabricant, des conducteurs de section plus faible que celle indiquée pour un courant d'essai déterminé peuvent être utilisés.

^c Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau 1.

^d L'un ou l'autre des deux conducteurs spécifiés pour un domaine de courants d'essai donné peut être utilisé.

^e Les barres sont par hypothèse disposées de telle manière que leur face la plus longue soit verticale. Une disposition avec leur face la plus longue à l'horizontale peut être utilisée, si cela est spécifié par le fabricant.

^f Lorsque quatre barres sont utilisées, celles-ci doivent être disposées en deux jeux de deux barres avec un intervalle ne dépassant pas 100 mm entre les centres de chaque jeu.

Tableau 12 – Tensions d'essai de tenue aux chocs

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp}	Tensions d'essai à différentes altitudes				
	$U_{1,2/50}$ kV				
kV	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
0,33	0,35	0,35	0,35	0,34	0,33
0,5	0,55	0,54	0,53	0,52	0,5
0,8	0,91	0,9	0,9	0,85	0,8
1,5	1,75	1,7	1,7	1,6	1,5
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0
12	14,8	14,5	14	13,3	12

NOTE Ce tableau utilise les caractéristiques d'un champ homogène, cas B (voir 3.7.61).

Tableau 13 – Distances minimales d'isolement dans l'air

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Distances d'isolement minimales mm							
	Cas A Conditions de champ non homogène (voir 3.7.62)				Cas B Champ homogène, conditions idéales (voir 3.7.61)			
	Degré de pollution				Degré de pollution			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33	0,01	0,2	0,8	1,6	0,01	0,2	0,8	1,6
0,5	0,04				0,04			
0,8	0,1	0,5	1,5	3	0,1	0,3	1,2	2
1,5	0,5				0,3			
2,5	1,5	3	5,5	14	0,6	1,2	4,5	4,5
4,0	3				1,2			
6,0	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8,0	8	8	8	8	3	3	3	3
12	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5

NOTE Les valeurs des distances minimales d'isolement dans l'air sont basées sur des tensions de choc de 1,2/50 μ s à une pression barométrique de 80 kPa, équivalent à la pression atmosphérique normale à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer.

Tableau 14 – Tensions d'essai à travers les contacts ouverts des matériels aptes au sectionnement

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai à différentes altitudes				
	$U_{1,2/50}$ kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
0,33	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
0,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
0,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
1,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3
4,0	6,2	6,0	5,8	5,6	5
6,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8
8,0	12,3	12,1	11,7	11,1	10
12	18,5	18,1	17,5	16,7	15

Tableau 15 – Lignes de fuite minimales

Tension assignée d'isolement du matériel ou tension de service en valeur efficace en courant alternatif. ou en en courant continu. b, c, d	Lignes de fuite minimales pour les matériels sujets à des contraintes de longue durée													
	Matériau pour câblages imprimés													
	Degré de pollution													
	1	2	1	2		3				4				
	Groupes de matériaux													
	Tous	Tous sauf IIIb	Tous	I	II	III	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
	V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1,6	1,6	1,6		
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05	1,6	1,6	1,6		
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6		
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6		
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25	1,7	1,7	1,7		
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8		
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3		
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2	2,5	3,2		
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2	2,1	2,6	3,4		
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6		
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2	2,4	3	3,8		
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4		
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4	5		
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2	4	5	6,3		
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4	5	6,3	8		
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	6,3	8	10		
400	1	2	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,5		
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	10	12,5	16		
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20	a	
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5		16	20	25	
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16		20	25	32	

Tension assignée d'isolement du matériel ou tension de service en valeur efficace en courant alternatif ou en en courant continu. b, c, d	Lignes de fuite minimales pour les matériels sujets à des contraintes de longue durée													
	Matériau pour câblages imprimés													
	Degré de pollution													
	1	2	1	2		3				4				
	Groupes de matériaux													
	Tous	Tous sauf IIIb	Tous	I	II	III	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 250			4,2	6,3	9	12,5	16	18	20		25	32	40	
1 600			5,6	8	11	16	20	22	25		32	40	50	
2 000			7,5	10	14	20	25	28	32		40	50	63	
2 500			10	12,5	18	25	32	36	40		50	63	80	
3 200			12,5	16	22	32	40	45	50	a	63	80	100	
4 000			16	20	28	40	50	56	63		80	100	125	
5 000			20	25	36	50	63	71	80		100	125	160	
6 300			25	32	45	63	80	90	100		125	160	200	
8 000			32	40	56	80	100	110	125		160	200	250	
10 000			40	50	71	100	125	140	160		200	250	320	

NOTE Les valeurs de tension sont choisies conformément à la série R₁₀.

a Les valeurs de lignes de fuite n'ont pas été déterminées pour cette zone. Il n'est généralement pas recommandé d'utiliser le groupe de matériaux IIIb pour le degré de pollution 3 au-dessus de 630 V et pour le degré de pollution 4.

b Pour les tensions assignées d'isolement 127 V, 208 V, 415/440 V, 660/690 V et 830 V, les valeurs de ligne de fuite correspondant respectivement aux valeurs inférieures 125 V, 200 V, 400 V, 630 V et 800 V peuvent être utilisées à titre d'exception.

c Les valeurs des lignes de fuite établies pour 250 V peuvent être utilisées pour la tension nominale 230 V (±10 %).

d Il est à noter que le cheminement ou l'érosion n'apparaît pas sur une isolation soumise à des tensions de service inférieures ou égales à 32 V. Cependant, la possibilité de corrosion électrolytique est à prendre en considération; c'est pour cette raison que des lignes de fuite minimales ont été spécifiées.

Tableau 16 – Valeurs des facteurs de puissance et des constantes de temps correspondant aux courants d'essai et rapport n entre la valeur de crête et la valeur efficace du courant
(voir 9.3.4.3, point a))

Courant d'essai A	Facteur de puissance	Constante de temps ms	n
$I \leq 1\,500$	0,95	5	1,41
$1\,500 < I \leq 3\,000$	0,9	5	1,42
$3\,000 < I \leq 4\,500$	0,8	5	1,47
$4\,500 < I \leq 6\,000$	0,7	5	1,53
$6\,000 < I \leq 10\,000$	0,5	5	1,7
$10\,000 < I \leq 20\,000$	0,3	10	2,0
$20\,000 < I \leq 50\,000$	0,25	15	2,1
$50\,000 < I$	0,2	15	2,2

Tableau 17 – Force d'essai sur l'organe de commande
(voir 9.2.6.2.1)

Type de l'organe de commande ^a	Force d'essai ^a	Force d'essai minimale N	Force d'essai maximale N
Bouton-poussoir (a)	$3F$	50	150
Manœuvre avec un seul doigt (b)	$3F$	50	150
Manœuvre avec deux doigts (c)	$3F$	100	200
Manœuvre avec une seule main (d) et (e)	$3F$	150	400
Manœuvre avec deux mains (f) et (g)	$3F$	200	600
^a F désigne la force normale de manœuvre à l'état neuf. La force d'essai doit être de $3F$ avec les valeurs minimale et maximale fixées, et appliquée comme représenté à la Figure 16.			

Tableau 18 – Tolérances sur les grandeurs d'essai
(voir 9.3.4.3, point a))

Tous les essais	Essais à vide et en conditions de charge normale et de surcharge	Essais en conditions de court-circuit
– Courant $+5_0$ %	– Facteur de puissance $\pm 0,05$	– Facteur de puissance $0_{-0,05}$
– Tension $+5_0$ % (y compris la tension de rétablissement à fréquence industrielle)	– Constante de temps $+15_0$ %	– Constante de temps $+25_0$ %
	– Fréquence ± 5 %	– Fréquence ± 5 %
NOTE 1 Les tolérances ci-dessus ne s'appliquent pas lorsque des limites minimales et/ou maximales de fonctionnement sont spécifiées dans la norme de produit.		
NOTE 2 Sous réserve d'accord entre le fabricant et l'utilisateur, les essais réalisés à 50 Hz peuvent être acceptés pour un fonctionnement à 60 Hz et vice versa.		

Tableau 19 – Tension d'essai diélectrique en fonction de la tension assignée d'isolement

Tension assignée d'isolement U_i V	Tension d'essai en courant alternatif (valeur efficace) V	Tension d'essai en courant continu ^{b, c} V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1 000$	2 200	3 110
$1 000 < U_i \leq 1 500$ ^a	–	3 820
^a Courant continu uniquement.		
^b Tensions d'essai basées sur l'IEC 60664-1:2007, paragraphe 6.1.3.4.1, cinquième alinéa.		
^c Une tension d'essai en courant continu ne peut être utilisée sur un matériel en courant alternatif que si une tension d'essai alternative ne peut pas être appliquée. Voir aussi 3) b) ii) de 9.3.3.4.1.		

Tableau 20 – Valeurs d'essai de traction sur les conduits
(voir 9.2.8.2)

Désignation du conduit conformément à l'IEC 60981	Diamètre du conduit		Effort de traction N
	Intérieur mm	Extérieur mm	
12 H	12,5	17,1	900
16 H à 41 H	16,1 à 41,2	21,3 à 48,3	900
53 H à 155 H	52,9 à 154,8	60,3 à 168,3	900

Tableau 21 – Valeurs d'essai de flexion sur les conduits
(voir 9.2.8.3)

Désignation du conduit conformément à l'IEC 60981	Diamètre du conduit		Moment de flexion N·m
	Intérieur mm	Extérieur mm	
12 H	12,5	17,1	35 ^a
16 H à 41 H	16,1 à 41,2	21,3 à 48,3	70
53 H à 155 H	52,9 à 154,8	60,3 à 168,3	70

^a Cette valeur est réduite à 17 Nm pour des enveloppes qui sont uniquement prévues pour un conduit d'entrée mais pas pour un conduit de sortie.

Tableau 22 – Valeurs d'essai de torsion sur les conduits
(voir 9.2.8.2 et 9.2.8.4)

Désignation du conduit conformément à l'IEC 60981	Diamètre du conduit		Couple N·m
	Intérieur mm	Extérieur mm	
12 H	12,5	17,1	90
16 H à 41 H	16,1 à 41,2	21,3 à 48,3	120
53 H à 155 H	52,9 à 154,8	60,3 à 168,3	180

Tableau 23 – Essais pour la CEM – Immunité
(voir 9.4.1)

Type d'essai	Niveau d'essai minimal exigé	Critère de performance
Essai d'immunité aux décharges électrostatiques IEC 61000-4-2 ^d	décharge dans l'air 8 kV	B
	décharge au contact 4 kV	B
Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques 80 MHz à 1 GHz IEC 61000-4-3	10 V/m	A
Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques 1,4 GHz à 6 GHz IEC 61000-4-3	3 V/m	A
Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves IEC 61000-4-4	2 kV / 5 kHz ou 100 kHz ^f sur les accès de puissance en courant alternatif./en courant continu. 1 kV / 5 kHz ou 100 kHz ^f sur les accès de signaux ^g	B
Essai d'immunité aux ondes de choc ^e IEC 61000-4-5 (forme d'onde 1,2 µs/50 µs – 8 µs/20 µs)	2 kV (entre phase et terre) 1 kV (entre phases)	B
Essai d'immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques (150 kHz à 80 MHz) IEC 61000-4-6	10 V pour les accès de puissance en courant alternatif/en courant continu 10 V pour les accès de signaux ^g	A
Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau ^a IEC 61000-4-8	30 A/m	A
Essai d'immunité aux creux de tension ^{b, c} (50 Hz/60 Hz) IEC 61000-4-11 pour un courant assigné d'emploi ≤ 16 A IEC 61000-4-34 pour un courant assigné d'emploi > 16 A	0 % pendant 1 période	B
	40 % pendant 10 périodes/12 périodes	C
	70 % pendant 25 périodes/30 périodes	C
Essai d'immunité aux coupures brèves de tension ^{b, c} (50 Hz/60 Hz) IEC 61000-4-11 pour un courant assigné d'emploi ≤ 16 A IEC 61000-4-34 pour un courant assigné d'emploi > 16 A	0 % pendant 250 périodes/300 périodes à 0°	C
^a Applicable uniquement aux matériels comprenant des dispositifs sensibles aux champs magnétiques à la fréquence industrielle (voir 9.4.2.7). ^b Le pourcentage indiqué signifie le pourcentage de la tension assignée d'emploi, par exemple 0 % signifie 0 V. ^c La valeur avant le signe (/) concerne les essais à 50 Hz et la valeur après le signe (/) concerne les essais à 60 Hz. ^d Voir l'IEC 61000-4-2 pour l'applicabilité des essais de décharge au contact et/ou de décharge dans l'air. ^e Aucun essai n'est réalisé sur les accès de puissance en courant continu et les accès de signaux avec une longueur de câble inférieure à 30 m. Pour les longueurs supérieures ou égales à 30 m, voir le Tableau 2 et le Tableau 3 de l'IEC 61000-6-2:2016. Cet essai ne s'applique pas aux accès d'entrée/sortie en courant continu. ≤ 60 V si les circuits secondaires (isolés du réseau électrique alternatif) ne sont pas soumis à des surtensions transitoires). ^f L'essai peut être réalisé à l'une de ces fréquences de répétition, ou aux deux. La fréquence de répétition de 5 kHz était utilisée précédemment; cependant la fréquence de répétition de 100 kHz est plus proche de la réalité. ^g Applicable uniquement aux accès adaptés pour le raccordement à une longueur de câble supérieure à 3 m.		

Tableau 24 – Critères d'acceptation en présence de perturbations électromagnétiques

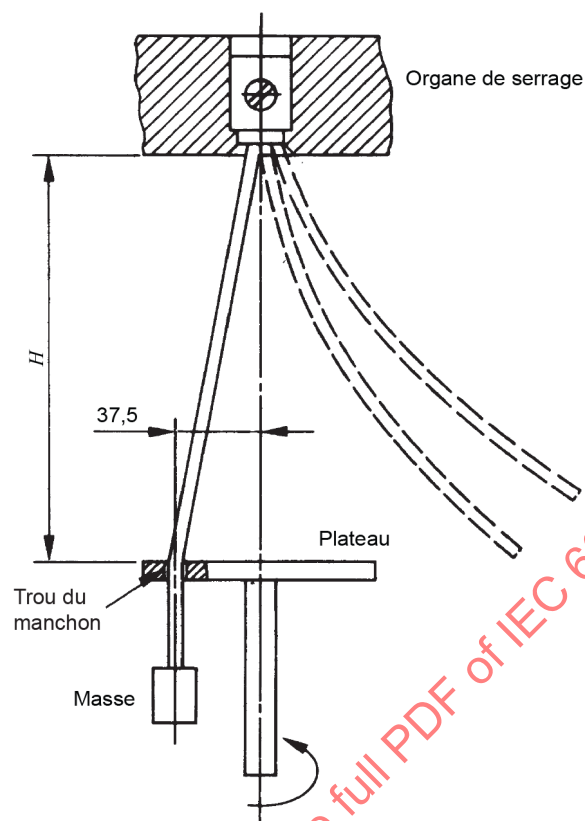
Point	Critères d'acceptation (critères de comportement pendant les essais)		
	A	B	C
Comportement général	Pas de changements décelables des caractéristiques de fonctionnement. Fonctionnement comme prévu	Dégradation temporaire ou perte de performance qui est autorécupérable	Dégradation temporaire ou perte de performance qui exige une intervention de l'opérateur ou une réinitialisation du système ^a
Fonctionnement des circuits de puissance et de commande	Aucun dysfonctionnement	Dégradation temporaire ou perte de performance qui est autorécupérable ^a	Dégradation temporaire ou perte de performance qui exige une intervention de l'opérateur ou une réinitialisation du système ^a
Fonctionnement des unités d'affichage et des panneaux de commande	Pas de changement au niveau des informations visibles sur l'affichage. Seulement une faible fluctuation de l'intensité lumineuse des diodes électroluminescentes, ou un léger mouvement des caractères	Changements visibles temporaires ou perte d'informations. Illumination non désirée d'une diode électroluminescente (LED)	Arrêt ou perte permanente de l'affichage. Informations erronées et/ou mode de fonctionnement non autorisé qu'il convient d'afficher visiblement ou dont il convient de fournir une indication. Non autorécupérable
Traitement des informations et fonctions de détection	Communication et échange de données non perturbés vers les appareils externes	Communication perturbée de façon temporaire, avec rapports d'erreurs possibles des appareils internes et externes	Traitement erroné des informations. Pertes de données et/ou d'informations. Erreurs dans la communication. Non autorécupérable

^a Les exigences spécifiques doivent être précisées dans la norme de produit.

Tableau 25 – Section du conducteur de protection en cuivre

Courant assigné d'emploi I_e A	Section minimale d'un conducteur de protection mm ²
$I_e \leq 20$	S^a
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 \leq I_e$	10
NOTE Ce tableau est issu de l'IEC 61439-1:2011.	
^a S désigne la section du conducteur de phase (mm ²).	

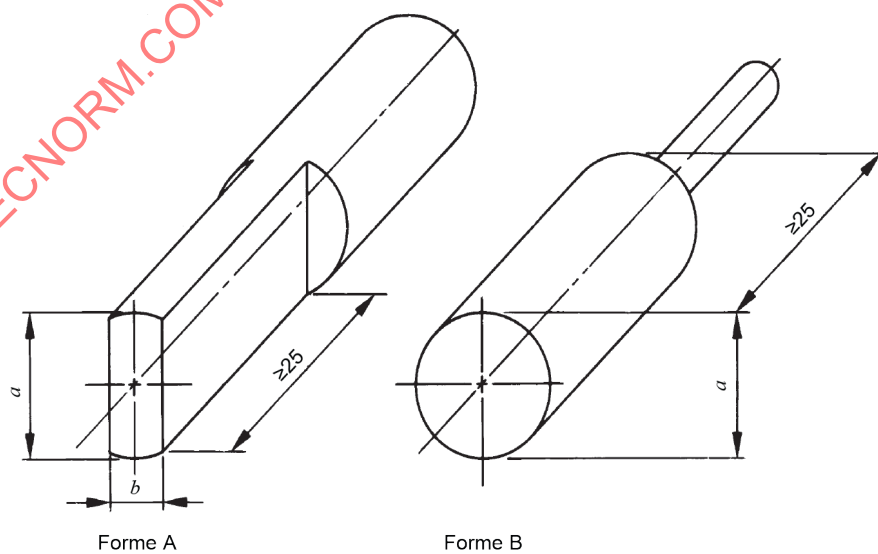
Dimensions en millimètres



IEC

Figure 1 – Matériel d'essai pour l'essai de flexion
(voir 9.2.5.3 et Tableau 5)

Dimensions en millimètres



IEC

Figure 2 – Gabarits de forme A et de forme B
(voir 9.2.5.5.2 et Tableau 7)

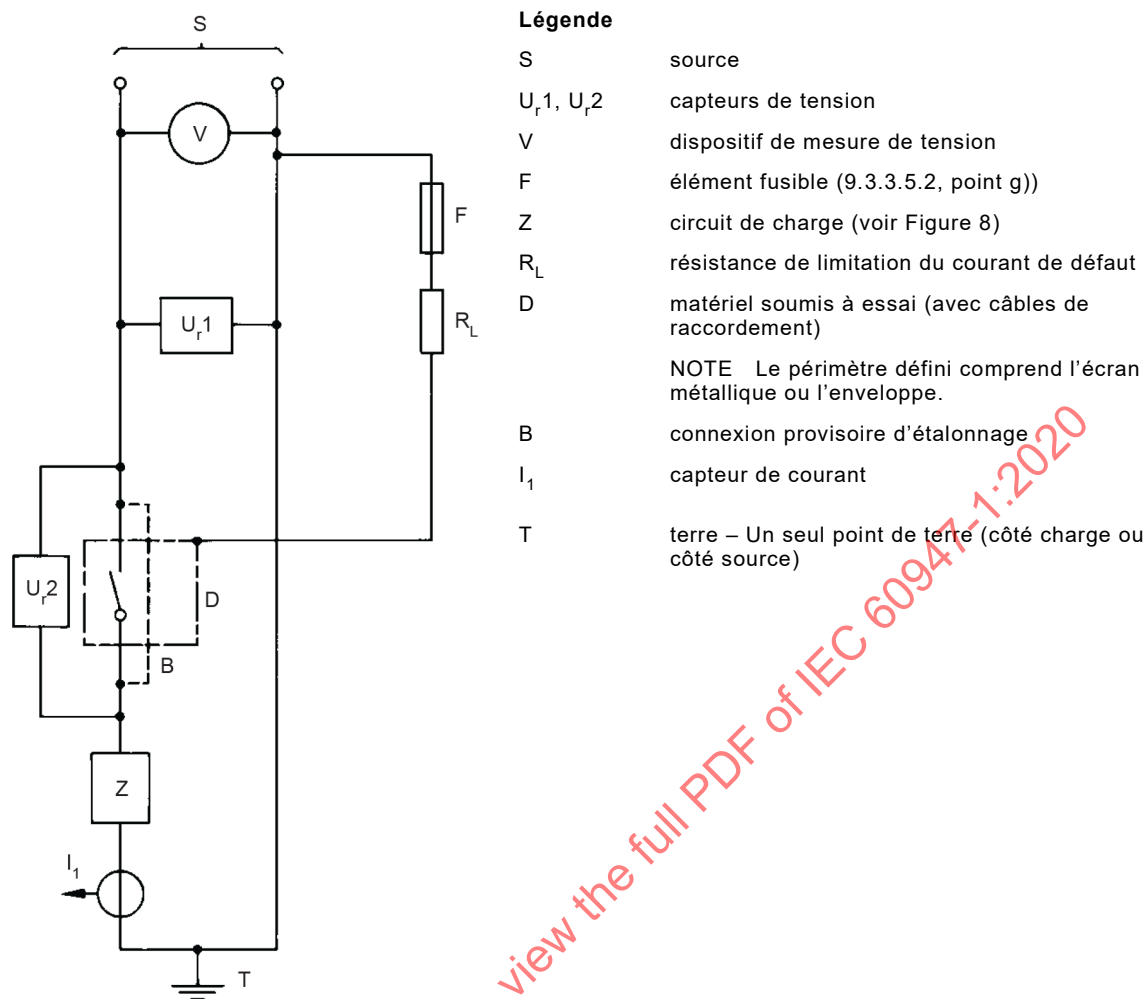
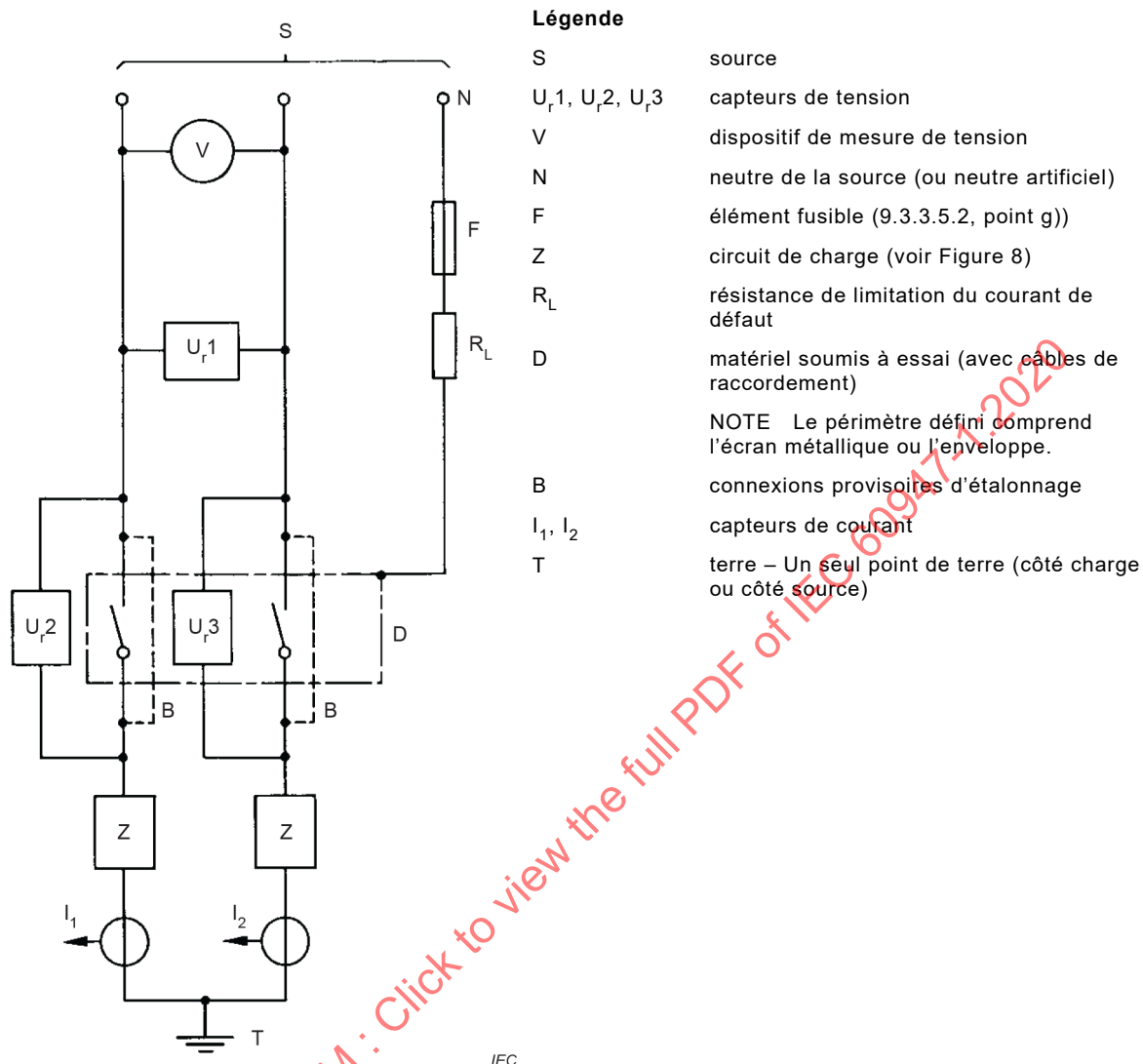


Figure 3 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.3.5.2)



En variante, U_{r1} peut être raccordé entre phase et neutre.

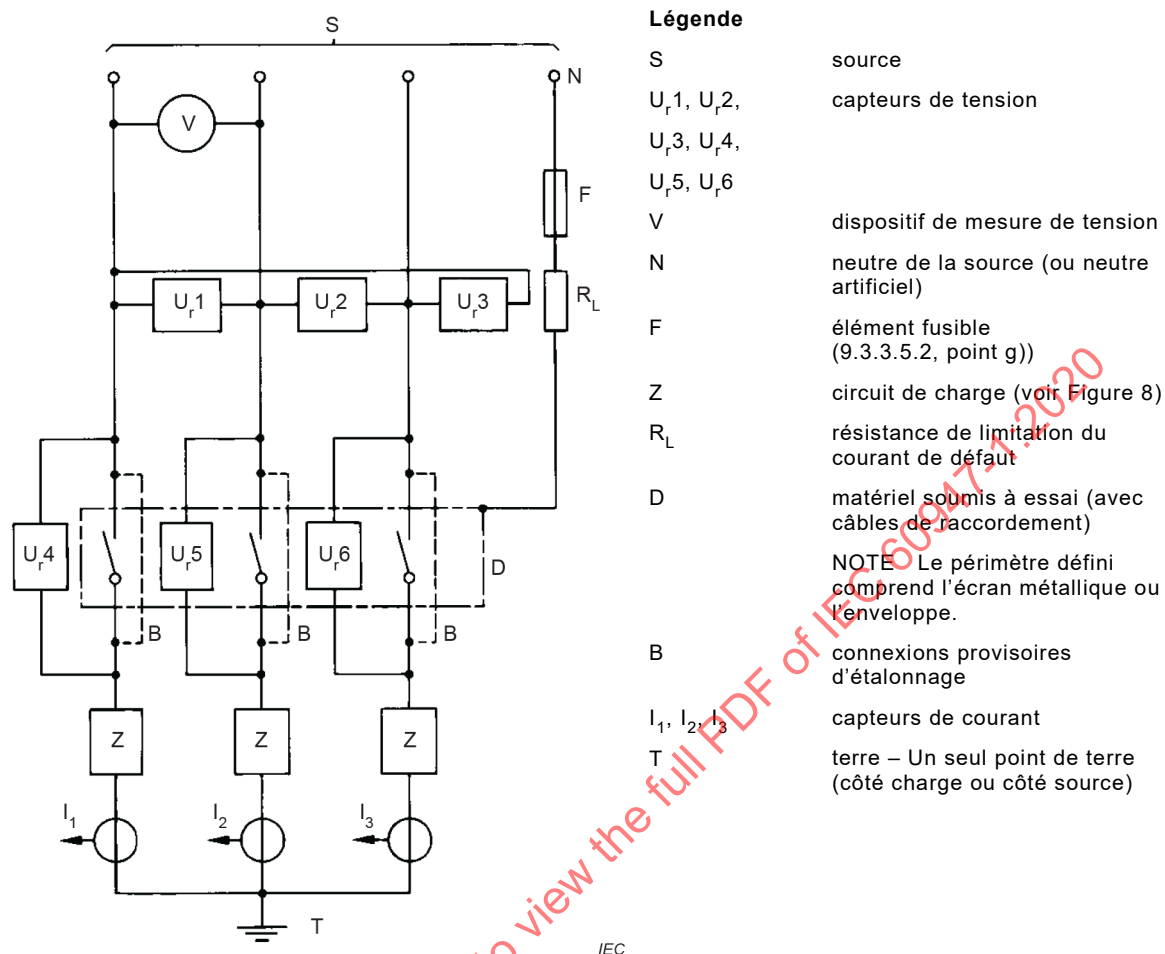
Dans le cas de matériels destinés à être utilisés dans un réseau dont une phase est reliée à la terre, ou lorsque ce schéma est utilisé pour l'essai du pôle neutre et du pôle adjacent d'un matériel tétrapolaire, F doit être raccordé à une phase de la source.

Dans le cas du courant continu, F doit être raccordé au négatif de la source.

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, F est relié:

- à une phase de la source pour les matériels marqués d'une seule valeur de U_e ;
- au neutre pour les matériels marqués d'une double valeur de tension (voir Note 2 de 6.2).

Figure 4 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.3.5.2)



En variante, U_{r1} , U_{r2} et U_{r3} peuvent être raccordés entre phase et neutre.

Dans le cas de matériels destinés à être utilisés dans un réseau dont une phase est reliée à la terre, ou lorsque ce schéma est utilisé pour l'essai du pôle neutre et du pôle adjacent d'un matériel tétrapolaire, F doit être raccordé à une phase de la source.

Dans le cas du courant continu, F doit être raccordé au négatif de la source.

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, F est relié:

- à une phase de la source pour les matériels marqués d'une seule valeur de U_e ;
- au neutre pour les matériels marqués d'une double valeur de tension (voir Note 2 de 6.2).

Figure 5 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure d'un matériel tripolaire (voir 9.3.3.5.2)

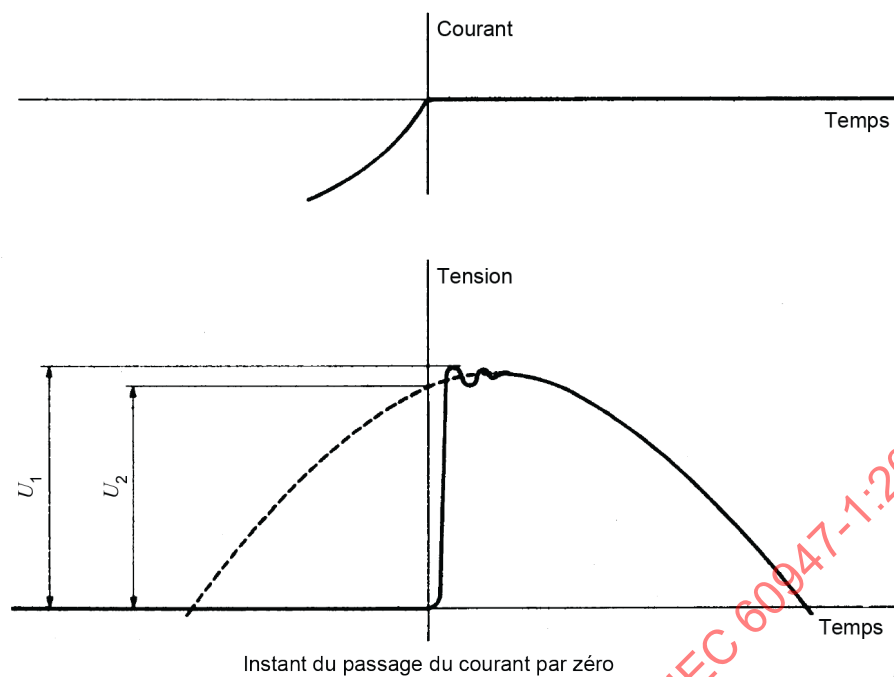


Figure 7 – Représentation schématique de la tension de rétablissement entre les contacts de la première phase qui coupe dans des conditions idéales (voir 9.3.3.5.2, point e))

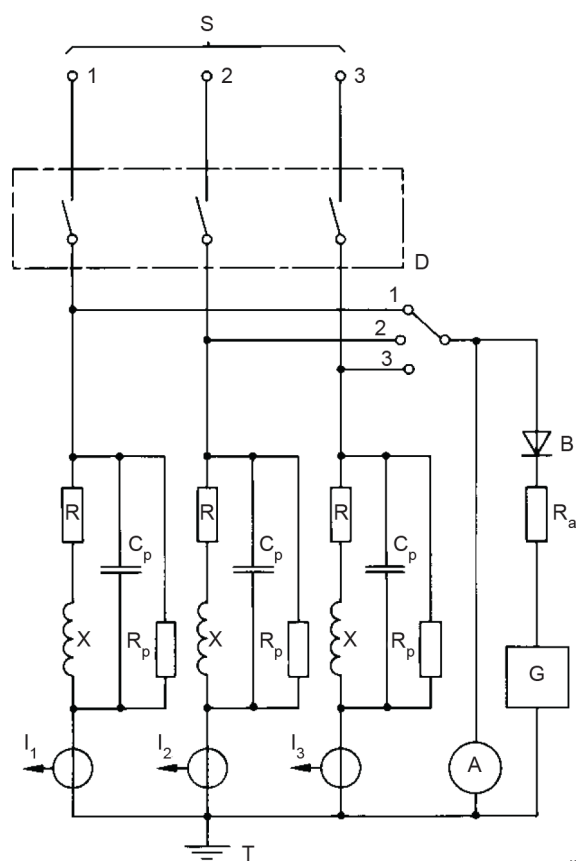


Figure 8a) Mise à la terre au point neutre côté charge

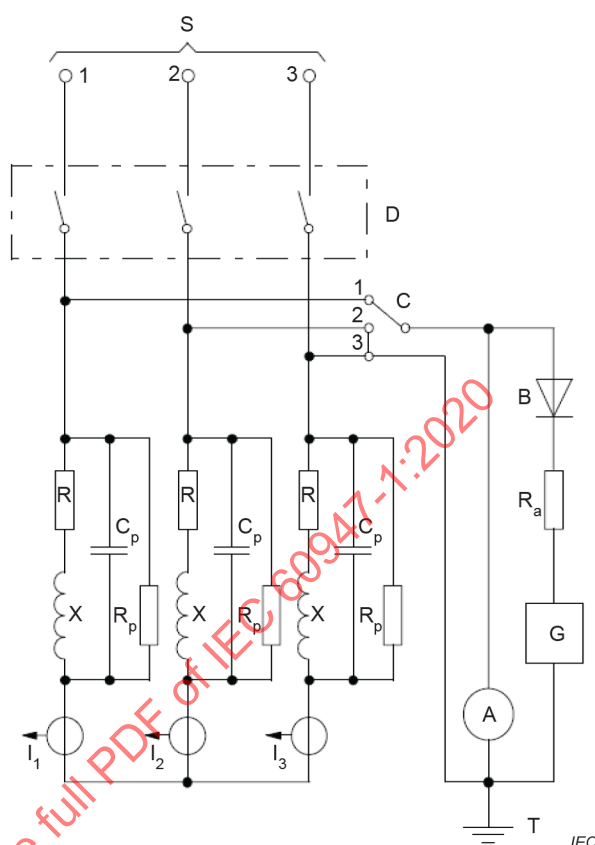


Figure 8b) Mise à la terre au point neutre côté source

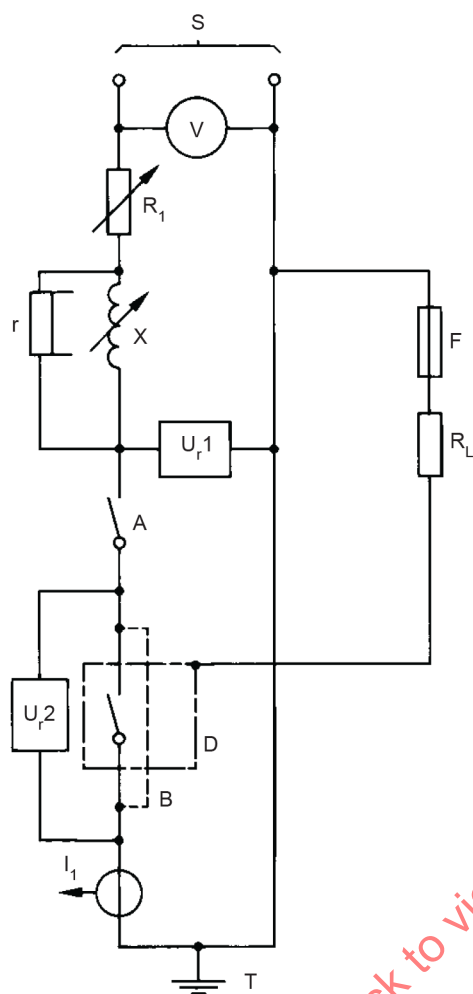
Légende

S	source
D	matériel soumis à essai
C	commutateur de réglage des phases
B	diode
A	enregistreur
R_a	résistance
G	générateur à haute fréquence
R	résistance du circuit de charge
X	réactance du circuit de charge (9.3.3.5.2, point d))
R_p	résistance en parallèle
C_p	condensateur en parallèle
I_1, I_2, I_3	capteurs de courant
T	terre – Un seul point de terre (côté charge ou côté source)

Les positions relatives du générateur à haute fréquence G et de la diode doivent être comme indiqué. Aucun point du circuit autre que celui indiqué sur la figure ne doit être mis à la terre.

Dans la Figure 8b), à titre d'exemple, 1, 2 et 3 sont représentés dans la position correspondant au réglage de la phase 1 (la première phase coupée) en série avec les phases 2 et 3 connectées en parallèle.

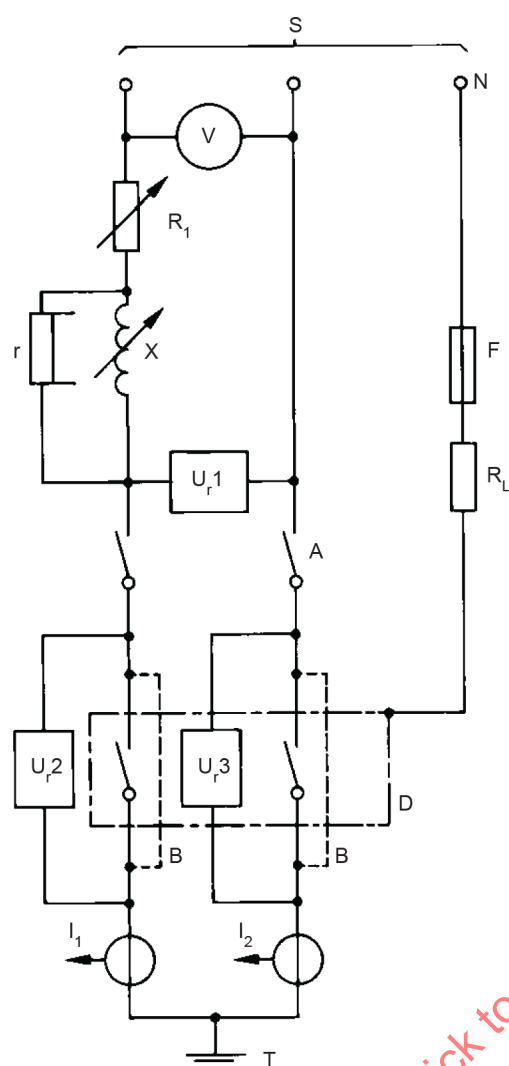
Figure 8 – Schéma d'une méthode de réglage du circuit de charge

**Légende**

S	source
U_r1, U_r2	capteurs de tension
V	dispositif de mesure de tension
A	dispositif d'enclenchement
R_1	résistance réglable
F	élément fusible (9.3.4.1.2, point d))
X	bobine d'inductance réglable
R_L	résistance de limitation du courant de défaut
D	matériel soumis à essai (avec câbles de raccordement)
NOTE Le périmètre défini comprend l'écran métallique ou l'enveloppe	
B	connexions provisoires d'étalonnage
I_1	capteur de courant
T	terre – Un seul point de terre (côté charge ou côté source)
r	résistance shunt (9.3.4.1.2, point b))

Les charges réglables X et R_1 peuvent être disposées soit dans la partie haute tension, soit dans la partie basse tension du circuit d'alimentation.

Figure 9 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel unipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.4.1.2)



Légende

S	source
U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}	capteurs de tension
V	dispositif de mesure de tension
A	dispositif d'enclenchement
R_1	résistance réglable
N	neutre de la source (ou neutre artificiel)
F	élément fusible (9.3.4.1.2, point d))
X	bobine d'inductance réglable
R_L	résistance de limitation du courant de défaut
D	matériel soumis à essai (avec câbles de raccordement)
NOTE Le périmètre défini comprend l'écran métallique ou l'enveloppe.	
B	connexions provisoires d'étalonnage
I_1, I_2	capteurs de courant
T	terre – Un seul point de terre (côté charge ou côté source)
r	résistance shunt (9.3.4.1.2, point b))

Les charges réglables X et R_1 peuvent être disposées soit dans la partie haute tension, soit dans la partie basse tension du circuit d'alimentation.

En variante, U_{r1} peut être raccordé entre phase et neutre.

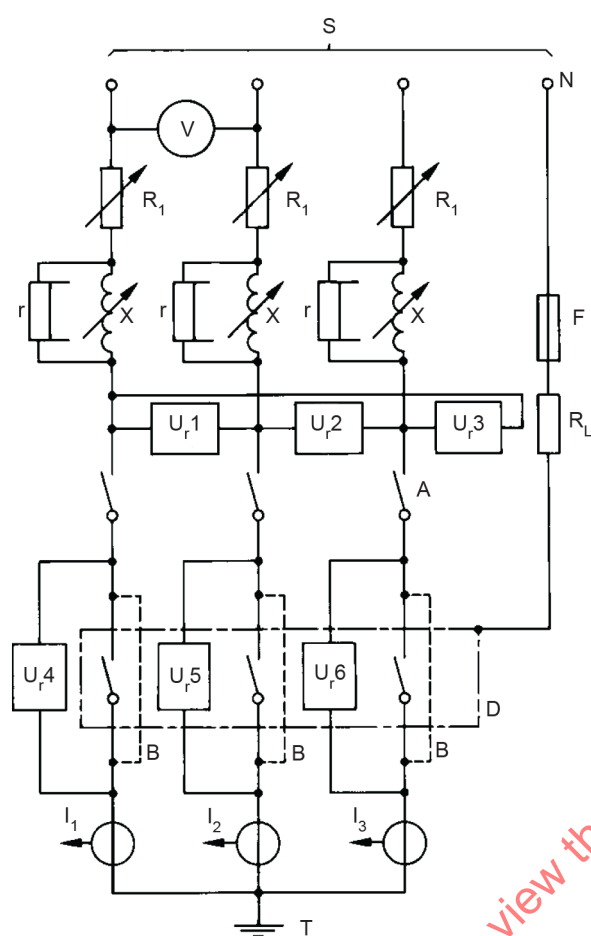
Dans le cas de matériels destinés à être utilisés dans un réseau dont une phase est reliée à la terre, ou lorsque ce schéma est utilisé pour l'essai du pôle neutre et du pôle adjacent d'un matériel tétrapolaire, F doit être raccordé à une phase de la source.

Dans le cas du courant continu, F doit être raccordé au négatif de la source.

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, F est relié:

- à une phase de la source pour les matériels marqués d'une seule valeur de U_e ;
- au neutre pour les matériels marqués d'une double valeur de U_e (voir Note 2 de 6.2).

Figure 10 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel bipolaire en courant monophasé ou en courant continu (voir 9.3.4.1.2)

**Légende**

S	source
$U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}, U_{r4}, U_{r5}, U_{r6}$	capteurs de tension
V	dispositif de mesure de tension
A	dispositif d'enclenchement
R_1	résistance réglable
N	neutre de la source (ou neutre artificiel)
F	élément fusible (9.3.4.1.2, point d))
X	bobines d'inductance réglables
R_L	résistance de limitation du courant de défaut
D	matériel soumis à essai (avec câbles de raccordement)
NOTE Le périmètre défini comprend l'écran métallique ou l'enveloppe.	
B	connexions provisoires d'étalonnage
I_1, I_2, I_3	capteurs de courant
T	terre – Un seul point de terre (côté charge ou côté source)
r	résistance shunt (9.3.4.1.2, point b))

Les charges réglables X et R_1 peuvent être disposées soit dans la partie haute tension, soit dans la partie basse tension du circuit d'alimentation.

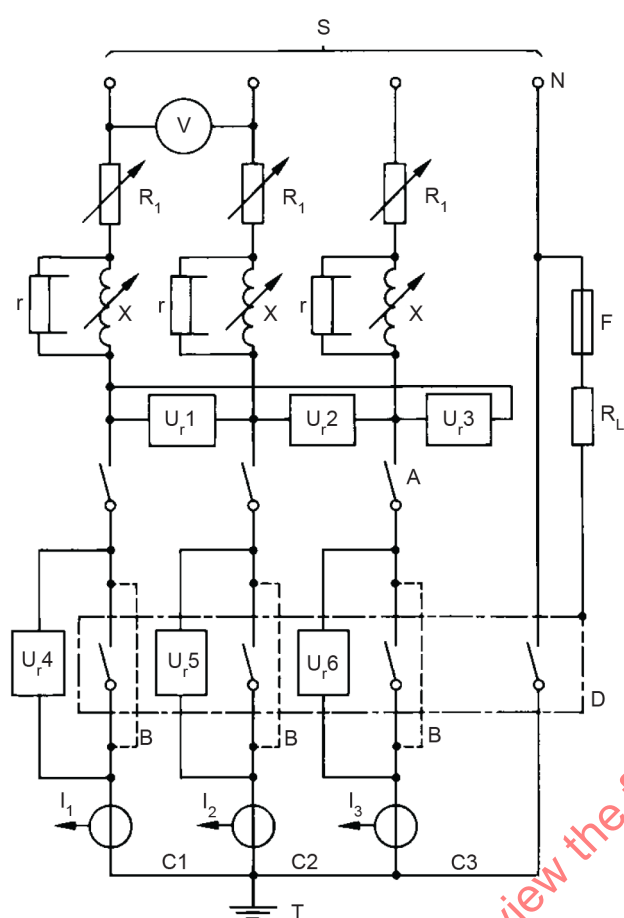
En variante, U_{r1}, U_{r2} et U_{r3} peuvent être raccordés entre phase et neutre.

Dans le cas de matériels destinés à être utilisés dans un réseau dont une phase est reliée à la terre, ou lorsque ce schéma est utilisé pour l'essai du pôle neutre et du pôle adjacent d'un matériel tétrapolaire, F doit être raccordé à une phase de la source.

NOTE Aux Etats-Unis et au Canada, F est relié:

- à une phase de la source pour les matériels marqués d'une seule valeur de U_e ;
- au neutre pour les matériels marqués d'une double valeur de U_e (voir Note 2 de 6.2).

Figure 11 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel tripolaire (voir 9.3.4.1.2)



Légende

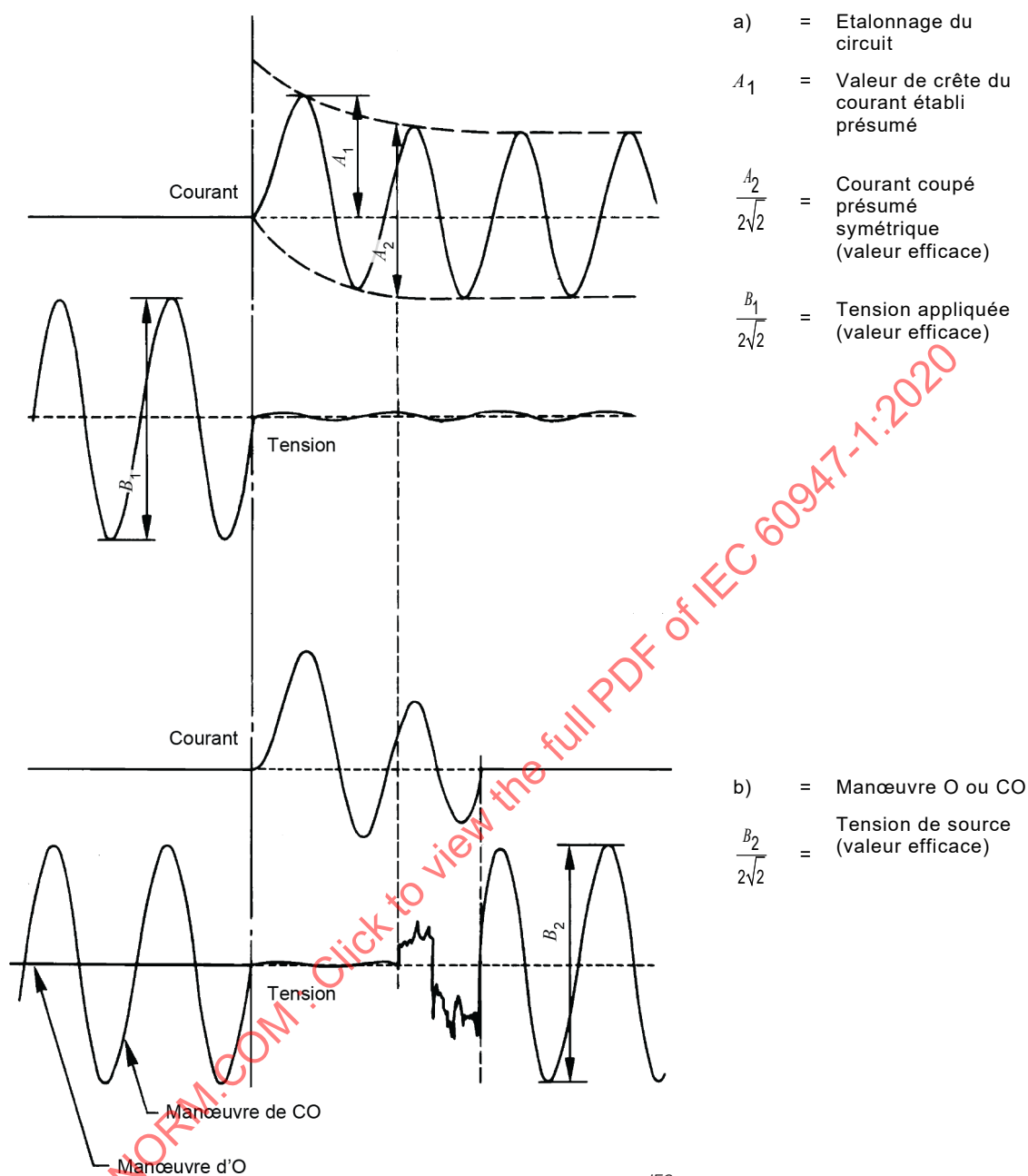
S	source
$U_{r1}, U_{r2},$ $U_{r3}, U_{r4},$ U_{r5}, U_{r6}	capteurs de tension
V	dispositif de mesure de tension
R_1	résistance réglable
N	neutre de la source (ou neutre artificiel)
F	élément fusible (9.3.4.1.2, point d))
X	bobine d'inductance réglable
R_L	résistance de limitation du courant de défaut
A	dispositif d'enclenchement
D	matériel soumis à essai (avec câbles de raccordement)
NOTE Le périmètre défini comprend l'écran métallique ou l'enveloppe.	
B	connexions provisoires d'étalonnage
I_1, I_2, I_3	capteurs de courant
T	terre – Un seul point de terre (côté charge ou côté source)
-	résistance shunt (9.3.4.1.2, point b))

Les charges réglables X et R_1 peuvent être disposées soit dans la partie haute tension, soit dans la partie basse tension du circuit d'alimentation.

En variante, U_{r1}, U_{r2} et U_{r3} peuvent être raccordés entre phase et neutre.

Si un essai supplémentaire entre le pôle neutre et le pôle adjacent est exigé, les connexions C1 et C2 ne sont pas utilisées.

Figure 12 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit d'un matériel tétrapolaire (voir 9.3.4.1.2)



Pouvoir de fermeture (valeur de crête) = A_1 (voir 9.3.4.1.8, points b) et c))

Pouvoir de coupure (valeur efficace) = $\frac{A_2}{\sqrt{2}}$ (voir 9.3.4.1.8, points b) et c))

NOTE 1 L'amplitude du tracé de tension, après l'initiation du courant d'essai, varie selon les positions relatives du dispositif d'enclenchement, des impédances réglables, des capteurs de tension et selon le schéma du circuit d'essai.

NOTE 2 L'instant de l'établissement est supposé être le même pour l'étalonnage et pour l'essai.

Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'un essai de fermeture ou de coupure en court-circuit dans le cas d'un matériel unipolaire en courant monophasé (voir 9.3.4.1.8)

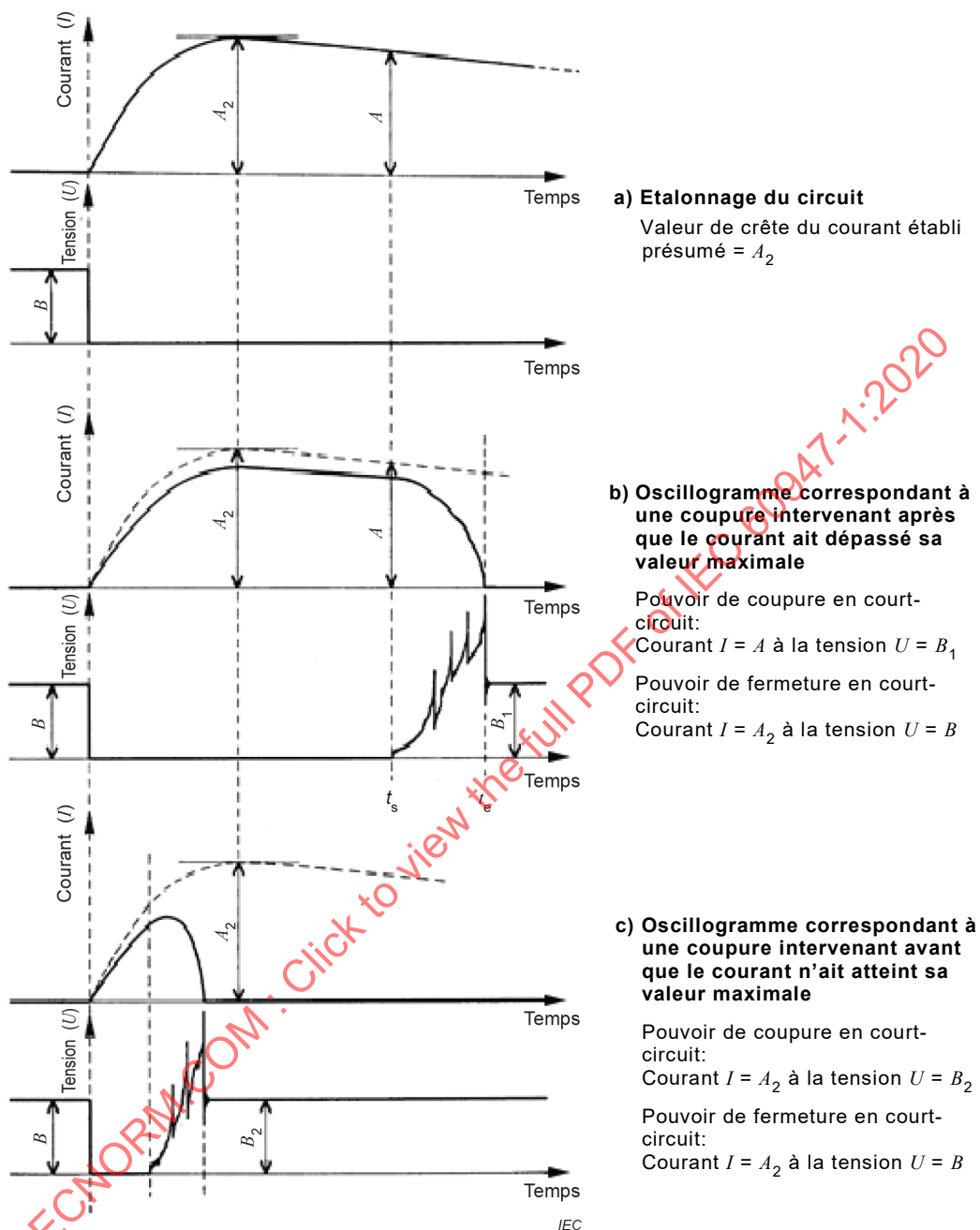
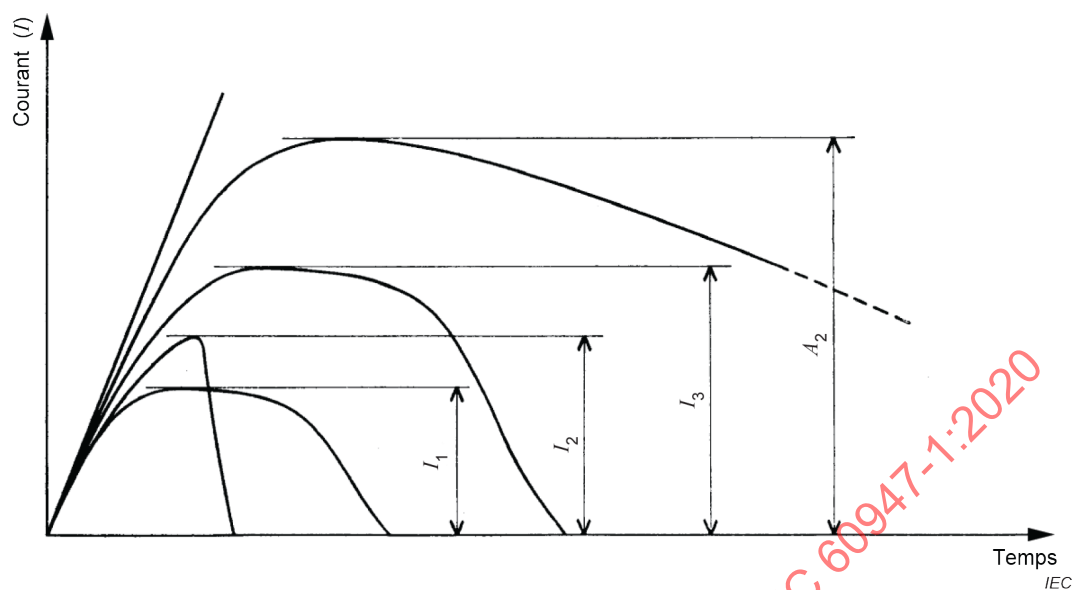


Figure 14 – Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure en court-circuit en courant continu (voir 9.3.4.1.8)



Légende

- I_1 premier étalonnage
- I_2 courant réellement coupé
- I_3 deuxième étalonnage
- A_2 pouvoir de coupure

Figure 15 – Détermination du courant coupé présumé dans le cas où le premier étalonnage du circuit d'essai a été effectué à un courant inférieur au pouvoir assigné de coupure (voir 9.3.4.1.8, point b))

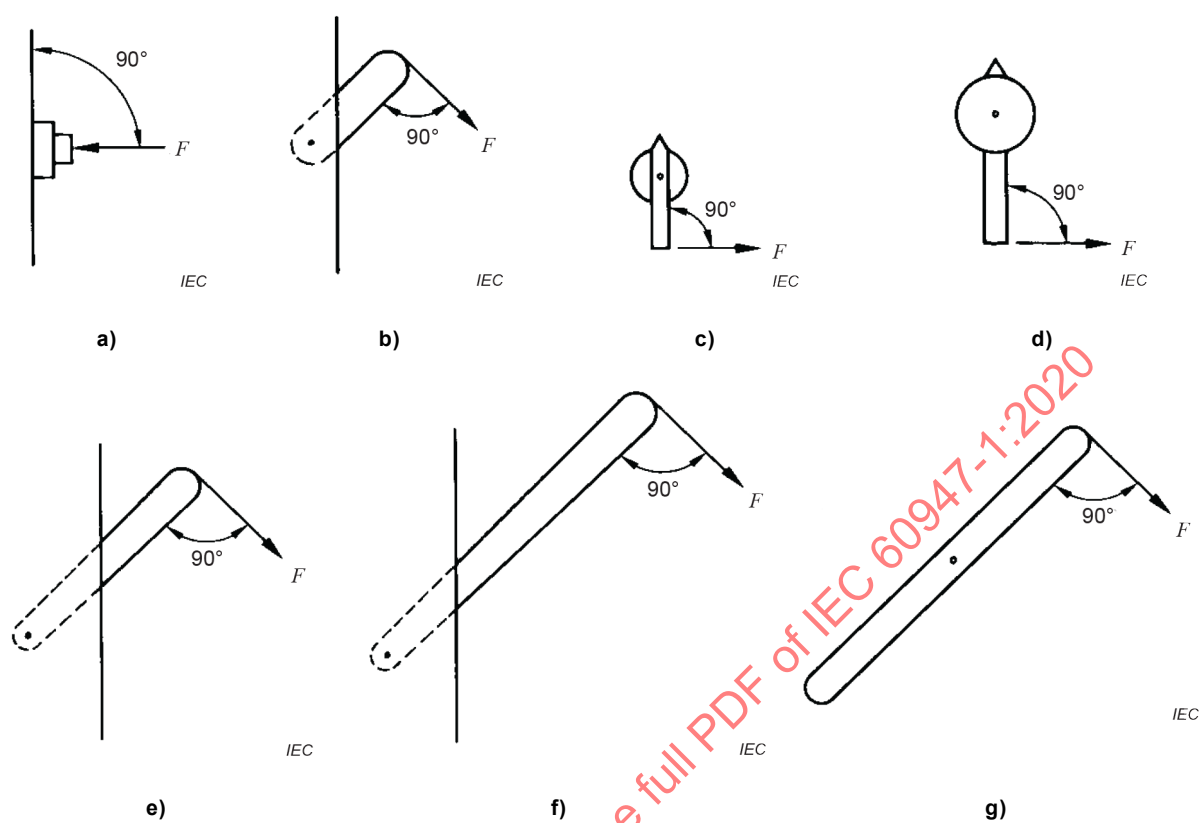


Figure 16 – Force d'essai sur l'organe de commande
(voir 9.2.6.2.1 et Tableau 17)

Annexe A (informative)

Harmonisation des catégories d'emploi pour l'appareillage à basse tension

La série IEC 60947 contient différentes parties spécifiant les exigences relatives aux différents types d'appareillage à basse tension. Les normes des produits couverts par la série IEC 60947 ont été développées à différentes périodes et par divers groupes de travail. Cela donne lieu à plusieurs catégories d'emploi pour des applications similaires dans la série IEC 60947.

La présente annexe a pour objet de proposer un cadre d'harmonisation des appareillages à basse tension, conformément au Tableau A.1. L'objet ultérieur étant de spécifier un ensemble commun d'exigences d'essai des produits à partir des différentes parties de la série IEC 60947.

Les avantages attendus sont les suivants:

- simplifier les normes de produits en rassemblant toutes les catégories similaires dans un ensemble commun de catégories;
- aider l'utilisateur à choisir le matériel approprié pour des applications particulières.

Tableau A.1 – Catégories d'emploi utilisées dans la série IEC 60947

Nature du courant	Norme de produit IEC correspondante	Catégorie d'emploi		Charge commutée classique
		Spécifique ^c	Présente ^d	
Courant alternatif	IEC 60947-3	AC-20	AC-20	A vide
		AC-21	AC-21	Charges résistives, y compris surcharges modérées
		AC-22	AC-22	Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées
		AC-23	AC-23	Charges de moteur ou autres charges fortement inductives
	IEC 60947-4-1	AC-1	AC-1	Charges non inductives ou faiblement inductives
		AC-2	AC-2	Moteurs à bagues ou charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées
		AC-3	AC-3	Moteurs à cage d'écureuil
		AC-3e	AC-3e	Moteurs à cage d'écureuil avec valeurs élevées de courant à rotor bloqué ^e .
		AC-4	AC-4	Moteurs à cage d'écureuil: inversion de marche ^a , marche par à-coups ^b
		AC-5a	AC-5a	Régulateurs de lampes à décharge
		AC-5b	AC-5b	Lampes à incandescence
		AC-6a	AC-6a	Transformateurs
		AC-6b	AC-6b	Batteries de condensateurs
		AC-8 AC-8	AC-8a AC-8b	Compresseur hermétique de réfrigération
	IEC 60947-4-2	AC-2a	AC-52a	Stators de moteurs à bagues: service de 8 h avec des courants de démarrage, d'accélération et de vitesse normale
		AC-2b	AC-52b	Stators de moteurs à bagues: service intermittent
		AC-3a	AC-53a	Moteurs à cage d'écureuil: service de 8 h avec des courants de démarrage, d'accélération et de vitesse normale

Nature du courant	Norme de produit IEC correspondante	Catégorie d'emploi		Charge commutée classique
		Spécifique ^c	Présente ^d	
Courant alternatif		AC-3b	AC-53b	Moteurs à cage d'écureuil: service intermittent
		AC-8a	AC-58a	Moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération avec réarmement automatique des déclencheurs de surcharge: service de 8 h avec des courants de démarrage, d'accélération et de vitesse normale
		AC-8b	AC-58b	Moteurs de compresseurs hermétiques de réfrigération avec réarmement automatique des déclencheurs de surcharge: service intermittent
	IEC 60947-4-3	AC-1	AC-51	Charges non inductives ou faiblement inductives
		AC-5a	AC-55a	Régulateur de lampes à décharge
		AC-5b	AC-55b	Lampes à incandescence
		AC-6a	AC-56a	Transformateurs
		AC-6b	AC-56b	Batteries de condensateurs
	IEC 60947-5-1 ^f	AC-12	AC-12	Charges résistives et charges statiques isolées par photocoupleur
		AC-13	AC-13	Charges statiques isolées par transformateur
		AC-14	AC-14	Faibles charges électromagnétiques
		AC-15	AC-15	Charges électromagnétiques d'électroaimants
	IEC 60947-5-2 ^g	AC-12	AC-12	Charges résistives et charges statiques isolées par photocoupleur
		AC-140	AC-140	Faibles charges électromagnétiques avec courant de maintien (fermé) $\leq 0,2$ A, par exemple relais auxiliaires
	IEC 60947-6-1	AC-1	AC-31	Charges non inductives ou faiblement inductives
		AC-2	AC-32	Moteurs à bagues ou charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées
		AC-3	AC-33	Moteurs à cage d'écureuil
		AC-5a	AC-35	Régulateur de lampes à décharge
		AC-5b	AC-36	Lampes à incandescence
	IEC 60947-6-2	AC-40	AC-40	Circuits de distribution comprenant des charges mixtes résistives et réactives, ayant une réactance résultante inductive
		AC-1	AC-41	Charges non inductives ou faiblement inductives
		AC-2	AC-42	Moteurs à bagues ou charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées
		AC-3	AC-43	Moteurs à cage d'écureuil
		AC-4	AC-44	Moteurs à cage d'écureuil: inversion de marche ^a , marche par à-coups ^b
		AC-5a	AC-45a	Régulateurs de lampes à décharge
		AC-5b	AC-45b	Lampes à incandescence
	IEC 61095	AC-7a	AC-7a	Charges faiblement inductives pour appareils domestiques et applications similaires
		AC-7b	AC-7b	Moteurs pour applications domestiques
Courant continu	IEC 60947-3	DC-20	DC-20	Fermeture et ouverture à vide
		DC-21	DC-21	Charges résistives, y compris surcharges modérées
		DC-22	DC-22	Charges mixtes résistives et inductives, y compris surcharges modérées (par exemple moteurs shunt)
		DC-23	DC-23	Charges fortement inductives (par exemple moteurs série)

Nature du courant	Norme de produit IEC correspondante	Catégorie d'emploi		Charge commutée classique
		Spécifique ^c	Présente ^d	
	IEC 60947-4-1	DC-1	DC-1	Charges non inductives ou faiblement inductives
		DC-3	DC-3	Moteurs shunt
		DC-5	DC-5	Moteurs série
		DC-6	DC-6	Lampes à incandescence
	IEC 60947-5-1 ^f	DC-12	DC-12	Commande de charges résistives et de charges statiques isolées par photocoupleur
		DC-13	DC-13	Commande d'électroaimants
		DC-14	DC-14	Commande d'électroaimants ayant des résistances d'économie dans le circuit
	IEC 60947-5-2 ^g	DC-12	DC-12	Commande de charges résistives et de charges statiques isolées par photocoupleur
		DC-13	DC-13	Commande d'électroaimants
	IEC 60947-6-1	DC-1	DC-31	Charges non inductives ou faiblement inductives
		DC-3	DC-33	Moteurs shunt
		DC-6	DC-36	Lampes à incandescence
	IEC 60947-6-2	DC-40	DC-40	Circuits de distribution comprenant des charges mixtes résistives et réactives, ayant une réactance résultante inductive
		DC-1	DC-41	Charges non inductives ou faiblement inductives
		DC-3	DC-43	Moteurs shunt
		DC-5	DC-45	Moteurs série
		DC-6	DC-46	Lampes à incandescence

^a Par inversion de marche, il faut comprendre l'arrêt ou l'inversion rapide du sens de rotation du moteur en permutant des connexions d'alimentation du moteur pendant que celui-ci tourne.

^b Par marche par à-coups, il faut comprendre une commande caractérisée par une ou plusieurs fermetures brèves et fréquentes du circuit d'un moteur, afin d'obtenir de petits déplacements de l'organe entraîné.

^c Catégories d'emploi harmonisées, destinées à être adoptées progressivement par les normes de produits.

^d Les catégories d'emploi spécifiques peuvent rester valides pour assurer la transition vers les catégories d'emploi harmonisées.

^e Moteurs asynchrones de conception NE et HE, conformément à l'IEC 60034-12:2016.

^f Les catégories d'emploi s'appliquent également à l'IEC 60947-5-5 et à l'IEC 60947-5-8.

^g Les catégories d'emploi s'appliquent également à l'IEC 60947-5-3 et à l'IEC 60947-5-7.

Annexe B

(Disponible)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annexe C (normative)

Degrés de protection du matériel sous enveloppe

C.1 Généralités

Lorsqu'un code IP est déclaré par le fabricant pour un matériel sous enveloppe ou pour un appareil avec enveloppe intégrée, il doit satisfaire aux exigences de l'IEC 60529, avec les modifications et additions suivantes.

NOTE Le Tableau C.1 fournit des informations supplémentaires afin de faciliter la compréhension du code IP couvert par l'IEC 60529.

Les articles et paragraphes de l'IEC 60529 applicables au matériel sous enveloppe sont explicitement détaillés dans la présente annexe.

Les numéros des articles et paragraphes de la présente annexe correspondent aux numéros de l'IEC 60529.

C.2 Objet

La présente annexe s'applique aux degrés de protection de l'appareillage sous enveloppe dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu, ci-après dénommé le "matériel".

L'Article 2 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 s'applique avec les exigences supplémentaires de la présente annexe.

C.3 Définitions

L'Article 3 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 s'applique, excepté que la définition "enveloppe" est remplacée par 3.3.16.

C.4 Désignations

L'Article 4 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique, à l'exception des lettres H, M et S.

C.5 Degrés de protection contre l'accès aux parties dangereuses et contre la pénétration de corps solides étrangers, indiqués par le premier chiffre caractéristique

L'Article 5 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.6 Degrés de protection contre la pénétration de l'eau indiqués par le deuxième chiffre caractéristique

L'Article 6 de l'IEC 60529:1989, de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique.

C.7 Degrés de protection contre l'accès aux parties dangereuses indiqués par la lettre additionnelle

L'Article 7 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.8 Lettres supplémentaires

L'Article 8 de l'IEC 60529:1989 s'applique, à l'exception des lettres H, M et S.

C.9 Exemples de désignation avec le code IP

L'Article 9 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.10 Marquage

L'Article 10 de l'IEC 60529:1989 s'applique avec l'addition suivante:

Lorsque le code IP est attribué pour une seule position de montage, il doit être indiqué par le symbole ISO 7000-0623 (2014-06) placé près du code IP spécifiant ladite position du matériel, par exemple verticale:



C.11 Exigences d'essai générales

C.11.1 Le paragraphe 11.1 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.11.2 Le paragraphe 11.2 de l'IEC 60529:1989 s'applique avec les additions suivantes:

Tous les essais sont réalisés à l'état non alimenté.

Certains appareils (par exemple les faces exposées des boutons-poussoirs) peuvent être vérifiés par examen.

La température de l'échantillon d'essai ne doit pas s'écarter de plus de 5 K de la température réelle de l'air ambiant.

Lorsque le matériel est monté dans une enveloppe vide qui a déjà un code IP (voir 11.5 de l'IEC 60529:1989), les exigences suivantes s'appliquent.

a) Pour IP1X à IP4X et les lettres supplémentaires A à D.

Cette exigence doit être vérifiée par examen et conformité aux instructions du fabricant de l'enveloppe.

b) Pour l'essai à la poussière IP6X.

Cette exigence doit être vérifiée par examen et conformité aux instructions du fabricant de l'enveloppe.

c) Pour l'essai à la poussière IP5X et les essais à l'eau IPX1 à IPX9.

L'essai du matériel sous enveloppe n'est exigé que si la pénétration de l'eau ou de la poussière peut affecter défavorablement le fonctionnement du matériel.

Pour les essais à la poussière IPX5 et pour les essais à l'eau IPX1 à IPX9, la pénétration d'une certaine quantité de poussière et d'eau est admise, sous réserve qu'il n'y ait pas d'effet

nuisible. En conséquence, chaque configuration interne du matériel peut être considérée séparément.

C.11.3 Le paragraphe 11.3 de l'IEC 60529:1989 s'applique avec les additions suivantes:

Les trous de vidange et les trous de ventilation sont traités comme des ouvertures normales.

C.11.4 Le paragraphe 11.4 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.11.5 Lorsqu'une enveloppe vide est utilisée comme un composant d'un matériel sous enveloppe, le paragraphe 11.5 de l'IEC 60529:1989 s'applique.

C.12 Essais pour la protection contre l'accès aux parties dangereuses indiquée par le premier chiffre caractéristique

L'Article 12 de l'IEC 60529:1989 s'applique, à l'exception de 12.3.2.

C.13 Essais pour la protection contre la pénétration de corps solides étrangers indiquée par le premier chiffre caractéristique

L'Article 13 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 s'applique, à l'exception des paragraphes suivants.

C.13.4 Essai à la poussière pour les premiers chiffres caractéristiques 5 et 6

Les matériels sous enveloppe de degré de protection IP5X doivent être soumis à essai selon la catégorie 2 de 13.4 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999.

NOTE 1 Une norme de produit spécifique peut spécifier un essai selon la catégorie 1 de 13.4 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999, pour les matériels de degré de protection IP5X.

Les matériels sous enveloppe de degré de protection IP6X doivent être soumis à essai selon la catégorie 1 de 13.4 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999.

NOTE 2 Pour les matériels sous enveloppe conformément au présent document, un degré de protection IP5X est généralement considéré comme satisfaisant.

C.13.5.2 Conditions d'acceptation pour le premier chiffre caractéristique 5

Le paragraphe 13.5.2 de l'IEC 60529:1989 s'applique avec les additions suivantes:

Lorsque des dépôts de poussière peuvent faire douter du fonctionnement correct et de la sécurité du matériel, un essai de préconditionnement et un essai diélectrique doivent être réalisés comme suit.

Le préconditionnement, après l'essai à la poussière, doit être vérifié par l'essai Cab: Essai continu de chaleur humide, conformément à l'IEC 60068-2-78, dans les conditions d'essai suivantes.

Le matériel doit être préparé de telle façon que les dépôts de poussière soient soumis à essai en laissant le couvercle ouvert et/ou en retirant les parties qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil.

Avant d'être placé dans la chambre d'essai, le matériel doit être stocké à la température de la pièce pendant au moins 4 h avant l'essai.

La durée de l'essai doit être de 24 h consécutives.

Après cette période, le matériel doit être retiré de la chambre d'essai dans les 15 min qui suivent et soumis à un essai diélectrique à fréquence industrielle pendant 1 min, la tension d'essai correspondant à la valeur maximale de $2 U_e$, avec un minimum de 1 000 V. L'application de la tension d'essai et les critères d'acceptation doivent être conformes aux spécifications de 9.3.3.4.1, point 3) c) et point 3) d).

C.14 Essais pour la protection contre la pénétration de l'eau indiquée par le deuxième chiffre caractéristique

C.14.1 Moyens d'essai

Le paragraphe 14.1 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique.

C.14.2 Conditions d'essai

Le paragraphe 14.2 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique.

C.14.3 Conditions d'acceptation

Le paragraphe 14.3 de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique, avec l'addition suivante:

Le matériel est ensuite soumis à un essai diélectrique à fréquence industrielle pendant 1 min, la tension d'essai correspondant à la valeur maximale de $2 U_e$, avec un minimum de 1 000 V. L'application de la tension d'essai et les critères d'acceptation doivent être conformes aux spécifications de 9.3.3.4.1, point 3) c) et point 3) d).

C.15 Essais pour la protection contre l'accès aux parties dangereuses indiquée par la lettre additionnelle

L'Article 15 de l'IEC 60529:1989, de l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013 s'applique.

C.16 Résumé des responsabilités des Comités techniques compétents

Les normes de produits correspondantes spécifient les détails dont une liste est donnée, à titre de guide, dans l'Annexe B de l'IEC 60529:1989 et de l'IEC 60529:1989/AMD2:2013, en tenant compte des compléments donnés ci-dessus dans la présente annexe.

Des illustrations supplémentaires sont incluses afin de faciliter la compréhension des codes IP (voir Tableau C.1).

Tableau C.1 – Codes IP (1 de 3)

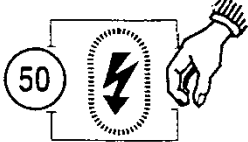
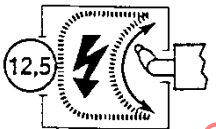
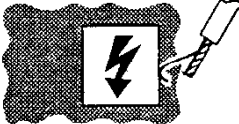
C.1a – PREMIER CHIFFRE			
Protection contre la pénétration de corps solides			Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses avec:
IP	Exigences	Exemple	
0	Aucune protection		Aucune protection
1	Pénétration totale de la sphère de 50 mm de diamètre non admise. Contact avec les parties dangereuses non autorisé		Dos de la main
2	Pénétration totale de la sphère de 12,5 mm de diamètre non admise. Le doigt d'essai articulé doit rester à une distance suffisante des parties dangereuses		Doigt
3	Le calibre d'accessibilité de 2,5 mm de diamètre ne doit pas pénétrer		Outil
4	Le calibre d'accessibilité de 1,0 mm de diamètre ne doit pas pénétrer		Fil
5	Pénétration limitée de poussière admise (pas de dépôt ayant un effet nuisible)		Fil
6	Protection totale contre la pénétration de poussière		Fil

Tableau C.1 (2 de 3)

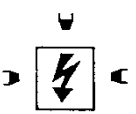
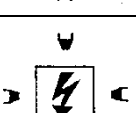
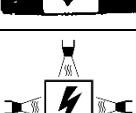
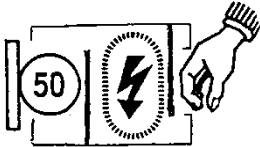
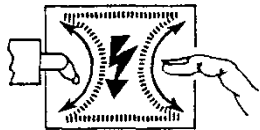
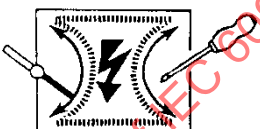
C.1b – DEUXIEME CHIFFRE			
Protection contre la pénétration d'eau ayant un effet nuisible			Protection contre l'eau
IP	Prescriptions	Exemple	
0	Aucune protection		Aucune protection
1	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau. Pénétration limitée admise		Tombant verticalement
2	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau avec une enveloppe inclinée au maximum de 15°. Pénétration limitée admise		Tombant dans une direction faisant un angle jusqu'à 15° de part et d'autre de la verticale
3	Protégé contre la pluie jusqu'à un angle de 60° par rapport à la verticale. Pénétration limitée admise		Pluie limitée
4	Protégé contre les projections d'eau dans toutes les directions. Pénétration limitée admise		Projection dans toutes les directions
5	Protégé contre les jets d'eau à faible pression. Pénétration limitée admise		Jets d'arrosage dans toutes les directions
6	Protégé contre les jets d'eau puissants. Pénétration limitée admise		Jets d'arrosage puissants dans toutes les directions
7	Protégé contre les effets de l'immersion entre 15 cm et 1 m		Immersion temporaire
8	Protégé contre les longues périodes d'immersion sous pression		Immersion permanente
9	Protégé contre les jets d'eau à pression et température élevées		Jets d'eau chauds et puissants dans toutes les directions

Tableau C.1 (3 de 3)

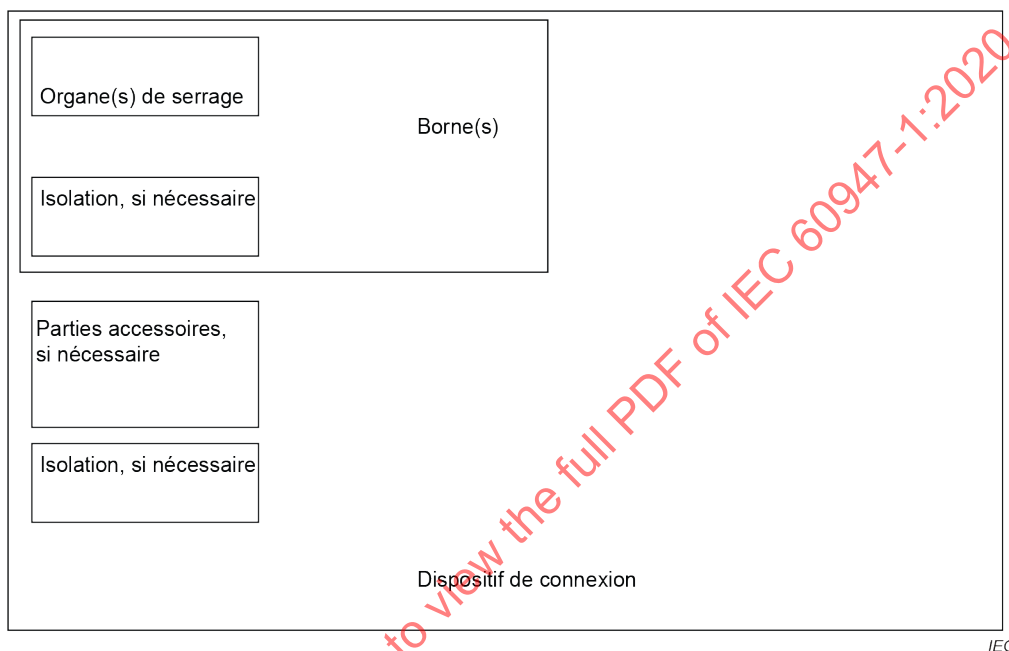
C.1c – LETTRE SUPPLEMENTAIRE (facultative)			
IP	Exigences	Exemple	Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses avec:
A Pour emploi avec le premier chiffre 0	Pénétration de la sphère de 50 mm de diamètre jusqu'à la barrière, ne devant pas toucher les parties dangereuses		Dos de la main
B Pour emploi avec les premiers chiffres 0 et 1	Pénétration du doigt d'essai jusqu'à 80 mm au maximum, ne devant pas toucher les parties dangereuses		Doigt
C Pour emploi avec les premiers chiffres 1 et 2	Le fil de 2,5 mm de diamètre et de 100 mm de long ne doit pas toucher les parties dangereuses lorsque la face sphérique d'arrêt est partiellement introduite		Outil
D Pour emploi avec les premiers chiffres 2 et 3	Le fil de 1,0 mm de diamètre et de 100 mm de long ne doit pas toucher les parties dangereuses lorsque la face sphérique d'arrêt est partiellement introduite		Fil

Annexe D (informative)

Exemples d'organes de serrage et relation entre l'organe de serrage et le dispositif de connexion

D.1 Organe de serrage dans un dispositif de connexion

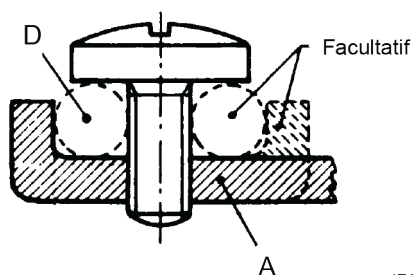
Pour obtenir une clarification des définitions, voir la Figure D.1.



IEC

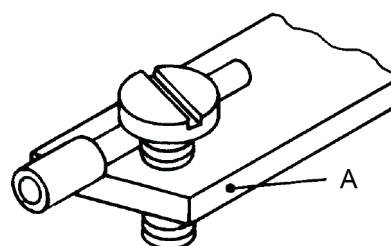
Figure D.1 – Organe de serrage dans un dispositif de connexion

D.2 Exemples d'organes de serrage



IEC

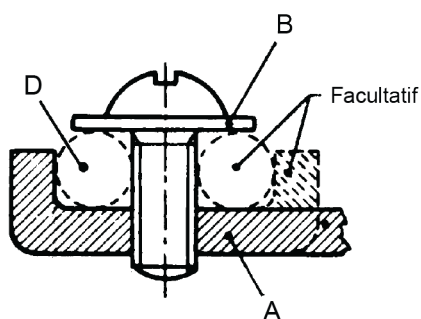
Avec fixation du conducteur par la partie conductrice
(vue en coupe)



IEC

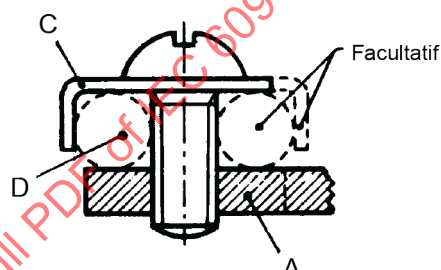
Sans fixation supplémentaire du conducteur
(perspective isométrique)

Pression directe sous tête de vis



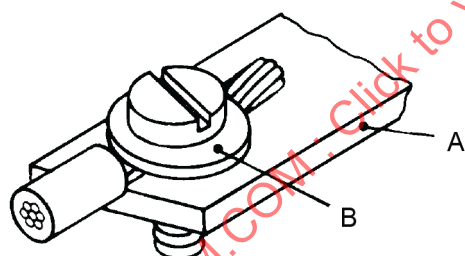
IEC

Avec fixation du conducteur par la partie conductrice
(vue en coupe)



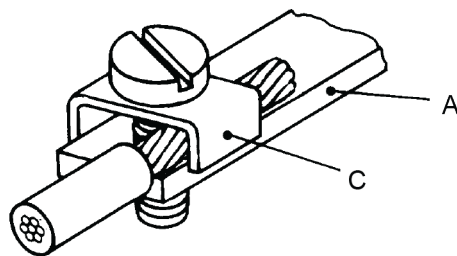
IEC

Avec fixation du conducteur par la partie de bridage
(vue en coupe)



IEC

Sans fixation supplémentaire du conducteur
(perspective isométrique)



IEC

Avec fixation du conducteur par la partie de bridage
(perspective isométrique)

Pression indirecte sous tête de vis (via des parties intermédiaires)

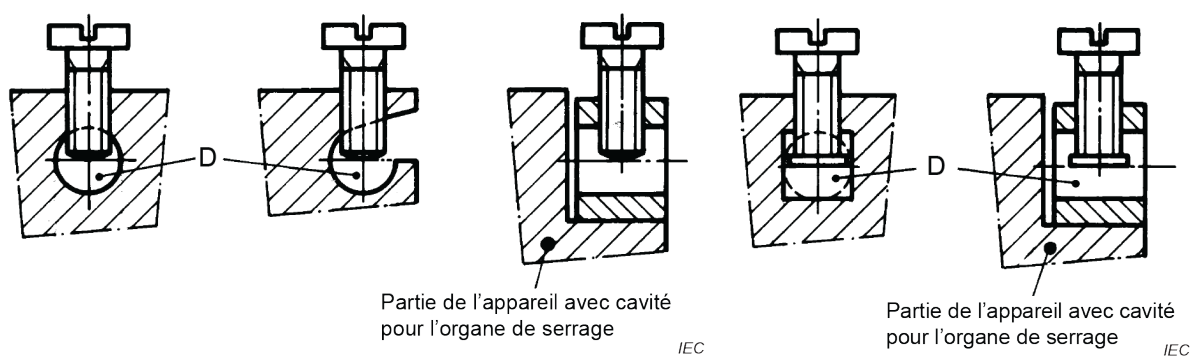
Légende

- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur de s'échapper
- D Logement du conducteur

NOTE Les exemples représentés ici n'empêchent pas de partager le conducteur de chaque côté de la vis.

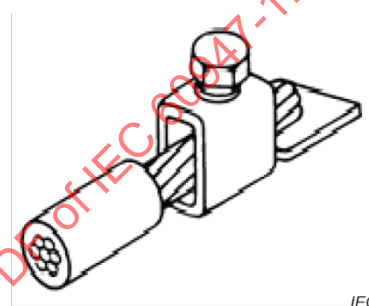
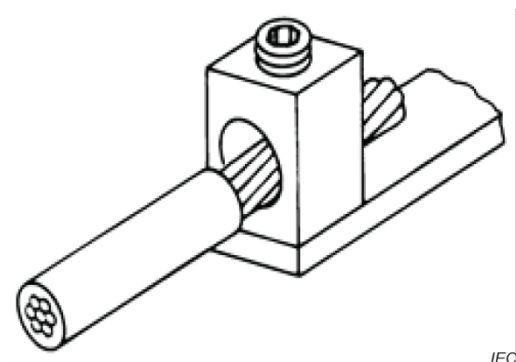
Organes de serrage à vis dans lesquels le conducteur est serré sous la tête d'une ou plusieurs vis. La pression de serrage peut être appliquée directement par la tête de la vis ou au moyen d'une pièce intermédiaire, telle qu'une rondelle, une plaquette ou un dispositif empêchant le conducteur de s'échapper.

Figure D.2 – Organes à serrage sous tête de vis



Organes de serrage sans plaquette

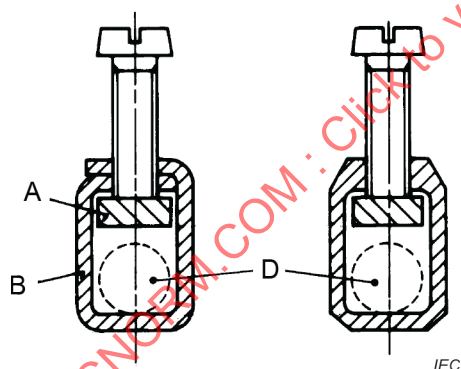
Organes de serrage avec plaquette



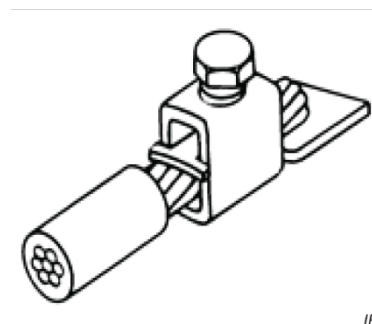
Manchon de serrage à trou usiné
(représentation isométrique)

Manchon de serrage à trou en acier plié
(représentation isométrique)

Organes à serrage direct



Manchons de serrage à trou en acier plié et à trou usiné
(vues en coupe)



Représentation isométrique de l'ensemble

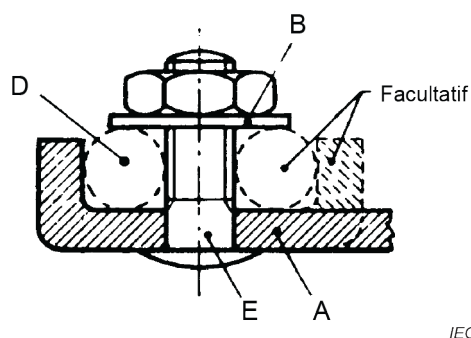
Organes à serrage indirect

Légende

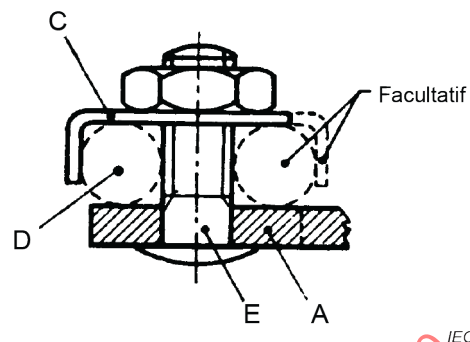
- A Partie fixe
- B Corps de l'organe de serrage
- D Logement du conducteur

Organes de serrage à vis dans lesquels le conducteur est introduit dans un trou ou dans un logement, où il est serré sous le corps de la vis ou des vis. La pression de serrage peut être appliquée directement par le corps de la vis ou au moyen d'une partie intermédiaire, à laquelle la pression est appliquée par le corps de la vis.

Figure D.3 – Organes de serrage à trou



Avec fixation du conducteur par la partie conductrice
(vue en coupe)



Avec fixation du conducteur par la partie de bridage
(vue en coupe)

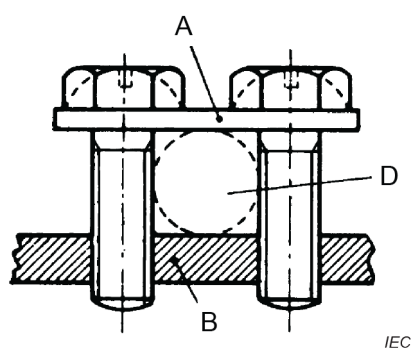
Légende

- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur de s'échapper
- D Logement du conducteur
- E Goujon

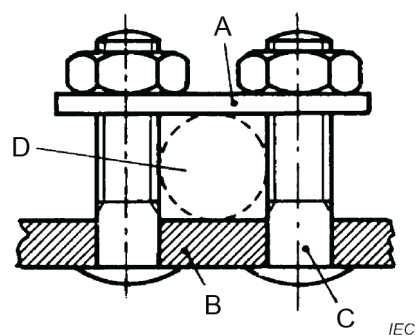
NOTE La partie maintenant le conducteur en place peut être en matériau isolant, sous réserve que la pression nécessaire pour le serrage du conducteur ne se transmette pas par l'intermédiaire du matériau isolant.

Organes de serrage à vis dans lesquels le conducteur est serré sous un ou deux écrous. La pression de serrage peut être appliquée directement par un écrou de forme appropriée ou au moyen d'une partie intermédiaire, telle qu'une rondelle, une plaquette ou un dispositif empêchant le conducteur de s'échapper.

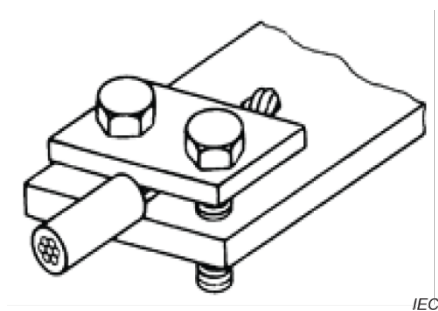
Figure D.4 – Organes de serrage à goujon fileté



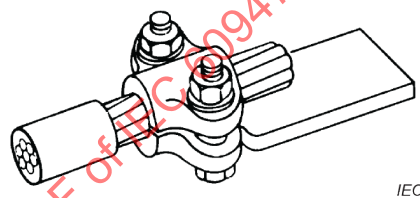
A vis (vue en coupe)



A goujons et écrous (vue en coupe)



A vis (représentation isométrique)



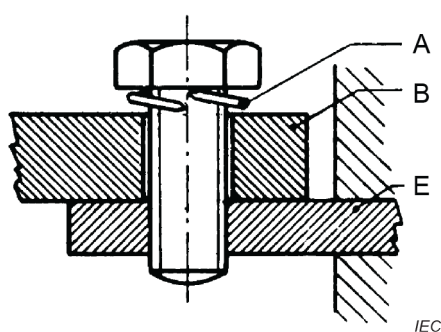
Pour conducteurs ronds uniquement
(représentation isométrique)

Légende

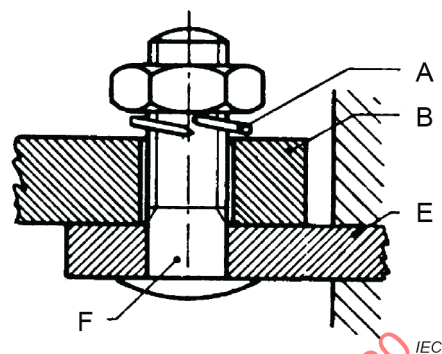
- A Plaque
- B Partie fixe
- C Goujon
- D Logement du conducteur

Organes de serrage à vis dans lesquels le conducteur est serré sous une plaque au moyen d'au moins deux vis ou écrous.

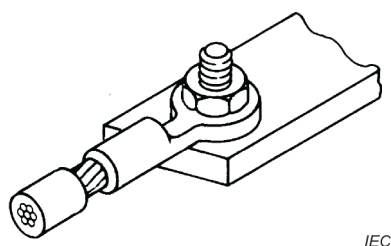
Figure D.5 – Organes de serrage à plaque



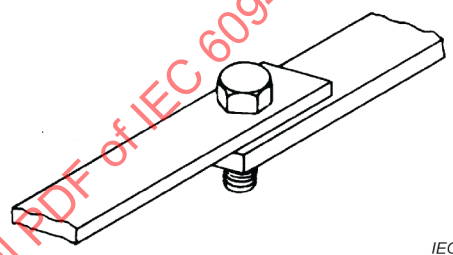
Raccordement de jeu de barres par vis (vue en coupe)



Raccordement de jeu de barres par goujon (vue en coupe)



Forme annulaire (représentation isométrique)

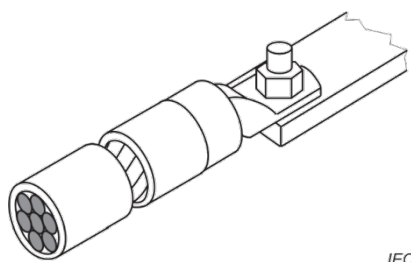


Raccordement de jeu de barres (représentation isométrique)

Légende

- A Organe de blocage
- B Cosse ou barre
- E Partie fixe
- F Goujon

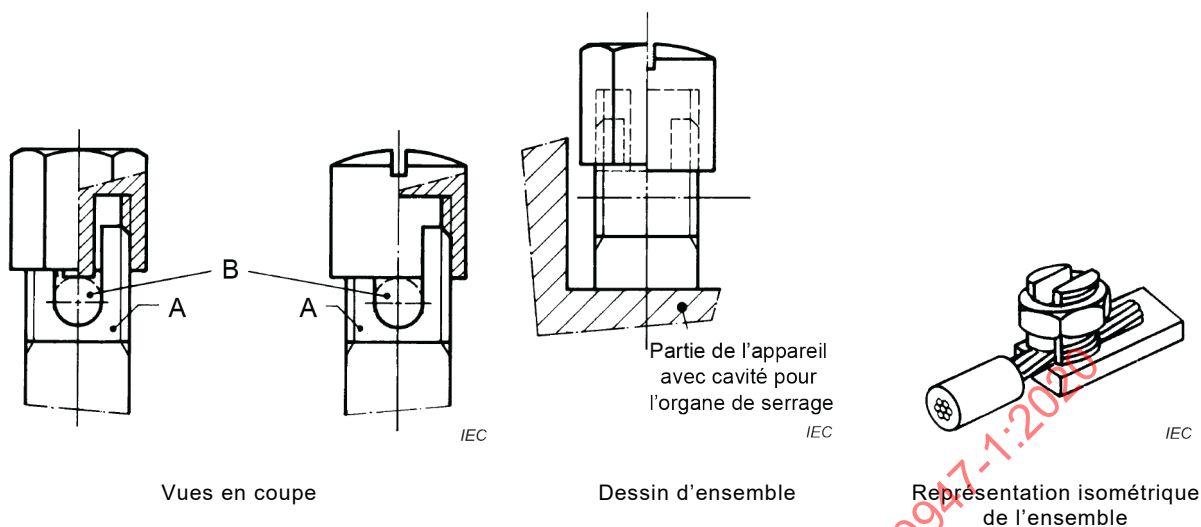
Organes de serrage à vis ou à goujon fileté conçus pour le serrage d'une cosse ou d'une barre au moyen d'une vis ou d'un écrou.



Raccordement d'une borne (représentation isométrique)

NOTE Des exemples de dimensions hors-tout de cosses sont donnés à l'Annexe P.

Figure D.6 – Organes de serrage pour cosses et barres



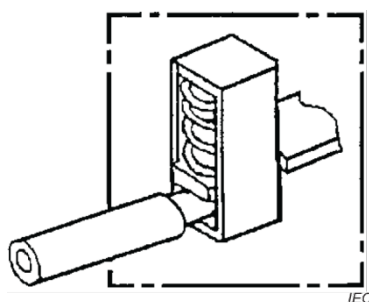
Légende

A Partie fixe

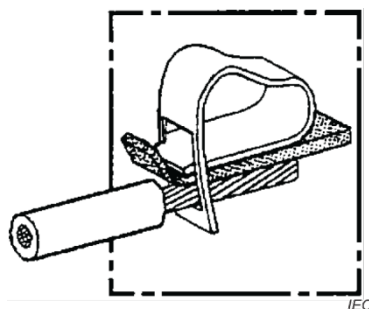
B Logement du conducteur

Organes de serrage à vis dans lesquels le conducteur est serré au moyen d'un écrou contre le fond d'une fente pratiquée dans un goujon fileté. Le conducteur est serré contre le fond de la fente par une rondelle de forme appropriée placée sous l'écrou, par un téton central si l'écrou est un capot taraudé, ou par un autre moyen aussi efficace pour transmettre la pression de l'écrou au conducteur à l'intérieur de la fente.

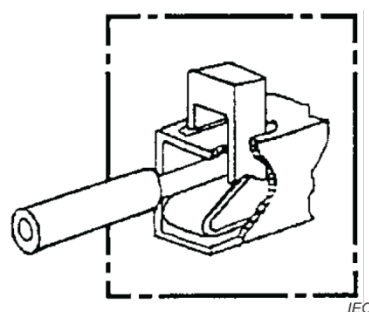
Figure D.7 – Organes de serrage à capot taraudé



Organe de serrage sans vis à serrage indirect



Organe de serrage sans vis à serrage direct



Organe de serrage sans vis avec auxiliaire d'actionnement

Figure D.8 – Organes de serrage sans vis (représentations isométriques)

Annexe E (informative)

Description d'une méthode pour le réglage du circuit de charge

Pour régler le circuit de charge afin d'obtenir les caractéristiques prescrites ci-dessus, plusieurs méthodes peuvent être employées dans la pratique. L'une d'elles est décrite ci-dessous.

Le principe de fonctionnement est représenté dans la Figure 8.

La valeur f de la fréquence d'oscillation de la tension transitoire de rétablissement et la valeur du facteur γ sont déterminées essentiellement par la fréquence propre et l'amortissement du circuit de charge. Etant donné que ces valeurs sont indépendantes de la tension et de la fréquence appliquées au circuit, le réglage peut être effectué en alimentant le circuit de charge à l'aide d'une source en courant alternatif dont la tension et la fréquence peuvent être différentes de celles de la source d'alimentation utilisée pour l'essai du matériel. L'ouverture du circuit lors d'un passage du courant par zéro est réalisée par une diode et les oscillations de la tension de rétablissement sont observées sur l'écran d'un oscilloscope, dont le balayage est synchronisé avec la fréquence de la source d'alimentation (voir Figure E.1).

Pour obtenir des mesures fiables, le circuit de charge est alimenté au moyen d'un générateur à haute fréquence G, donnant une tension convenable pour la diode. La fréquence du générateur est choisie comme étant égale à:

- a) 2 kHz pour les courants d'essai inférieurs ou égaux à 1 000 A;
- b) 4 kHz pour les courants d'essai supérieurs à 1 000 A.

Les éléments suivants sont montés en série avec le générateur:

- une résistance de chute dont la valeur R_a est grande par rapport à l'impédance du circuit de charge ($R_a \geq 10 Z$, où $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ et où la valeur de $\omega = 2\pi \cdot 2\,000 \text{ s}^{-1}$ ou $2\pi \cdot 4\,000 \text{ s}^{-1}$), respectivement pour les cas a) et b);
- une diode de commutation à blocage instantané B; les diodes de commutation utilisées communément dans les calculateurs électroniques, telles que les diodes de commutation au silicium à jonction par diffusion, dont le courant direct assigné ne dépasse pas 1 A, conviennent à cet emploi.

En raison de la valeur de la fréquence du générateur G, le circuit de charge est pratiquement purement inductif et, à l'instant du passage du courant par zéro, la tension appliquée au circuit de charge atteindra sa valeur de crête. Pour avoir l'assurance que les éléments du circuit de charge sont convenables, il doit être vérifié sur l'écran que la courbe de la tension transitoire a une tangente pratiquement horizontale à son point de départ (point A sur la Figure E.1).

La valeur réelle du facteur γ est le rapport U_{11}/U_{12} ; U_{11} est lue sur l'écran et U_{12} est lue entre l'ordonnée du point A et l'ordonnée de la trace lorsque le circuit de charge n'est plus alimenté par le générateur (voir Figure E.1).

L'observation de la tension transitoire dans le circuit de charge, sans résistance en parallèle R_p ni condensateur en parallèle C_p , permet de lire sur l'écran la fréquence d'oscillation propre du circuit de charge. Il convient de s'assurer que la capacité de l'oscilloscope ou celle de ses connexions n'influe pas sur la fréquence de résonance du circuit de charge.

Si cette fréquence propre dépasse la limite supérieure de la valeur f exigée, les valeurs convenables de la fréquence et du facteur γ peuvent être obtenues en montant en parallèle des condensateurs C_p et des résistances R_p de valeurs appropriées. Les résistances R_p doivent être pratiquement non inductives.

Selon la position de la mise à la terre, les deux procédures suivantes de réglage du circuit de charge sont recommandées.

- a) Dans le cas de mise à la terre au point neutre côté charge: chacune des trois phases du circuit de charge doit être réglée individuellement comme représenté à la Figure 8a).
- a) Dans le cas de mise à la terre au point neutre côté source: une phase doit être connectée en série avec les deux autres phases montées en parallèle, comme représenté à la Figure 8b). Le réglage doit être répété en raccordant successivement les trois phases au générateur à haute fréquence selon toutes les combinaisons possibles.

NOTE 1 Une valeur plus élevée de la fréquence fournie par le générateur G facilite l'observation sur l'écran et augmente la finesse.

NOTE 2 D'autres méthodes peuvent aussi être utilisées pour déterminer la fréquence et le facteur γ (par exemple l'emploi d'un courant à onde rectangulaire dans le circuit de charge).

NOTE 3 Le raccordement de la charge en étoile peut être effectué soit du côté résistance R, soit du côté bobine d'inductance X, si le mode de connexion en étoile (qu'il soit mis à la terre ou non) n'est pas modifié entre le réglage et l'essai.

Raison: les fréquences d'oscillation sont différentes selon le côté de mise en étoile de la charge.

NOTE 4 Il peut aussi être nécessaire de s'assurer que la capacité de fuite à la terre du générateur à haute fréquence n'ait pas d'effet sur la fréquence d'oscillation propre du circuit de charge.

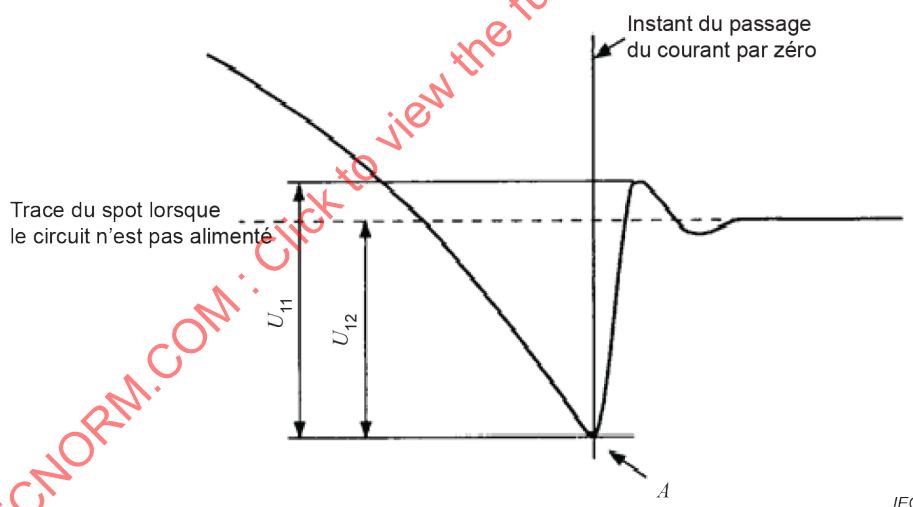


Figure E.1 – Détermination de la valeur réelle du facteur γ

Annexe F (informative)

Détermination du facteur de puissance ou de la constante de temps d'un court-circuit

NOTE Il n'existe pas de méthode permettant de déterminer avec précision le facteur de puissance ou la constante de temps d'un court-circuit, mais pour les besoins du présent document, la détermination du facteur de puissance ou de la constante de temps du circuit d'essai peut être faite par l'une des méthodes suivantes.

F.1 Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit

F.1.1 Méthode I – Détermination d'après la composante continue

L'angle φ peut être déterminé d'après la courbe de la composante continue de l'onde du courant asymétrique entre l'instant du court-circuit et l'instant de la séparation des contacts, comme suit.

- 1) Déterminer la constante de temps L/R à partir de la formule de la composante continue.

La formule de la composante continue est:

$$i_d = I_{do} e^{-Rt/L}$$

où

i_d désigne la valeur de la composante continue à l'instant t ;

I_{do} désigne la valeur de la composante continue à l'instant choisi comme origine des temps;

L/R désigne la constante de temps du circuit, exprimée en s;

t désigne le temps, exprimé en s, compté à partir de l'instant initial;

e désigne la base des logarithmes népériens.

La constante de temps L/R peut être déterminée par:

- a) la mesure de la valeur de I_{do} à l'instant du court-circuit et la valeur de i_d à un autre instant t , avant la séparation des contacts;
- b) le calcul de la valeur de $e^{-Rt/L}$ en divisant i_d par I_{do} ;
- c) le calcul de la valeur de $-\chi$ correspondant au rapport i_d/I_{do} , d'après une table des valeurs de $e^{-\chi}$;

La valeur χ représente alors Rt/L , d'où est obtenu R/L .

- 2) Déterminer l'angle φ à partir de:

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L}{R}$$

où ω correspond à 2π fois la fréquence réelle.

Il convient de ne pas utiliser cette méthode lorsque les courants sont mesurés à l'aide de transformateurs de courant, sauf si des précautions convenables sont prises pour éliminer les erreurs dues:

- à la constante de temps du transformateur et à sa charge en fonction de celle du circuit primaire;
- à la saturation magnétique qui peut résulter des conditions d'un flux transitoire ainsi que d'une rémanence éventuelle.

F.1.2 Méthode II – Détermination avec un générateur pilote

Lorsqu'il est fait usage d'un générateur pilote monté sur l'arbre du générateur d'essai, la tension du générateur pilote sur l'oscillogramme peut être comparée, du point de vue de l'angle de phase, d'abord à celle du générateur d'essai et ensuite au courant du générateur d'essai.

La différence d'angle de phase entre la tension du générateur pilote et celle du générateur d'essai d'une part, et entre la tension du générateur pilote et le courant du générateur d'essai d'autre part, donne l'angle de phase entre la tension et le courant du générateur d'essai, à partir duquel le facteur de puissance peut être déterminé.

F.2 Détermination de la constante de temps d'un court-circuit (méthode oscillographique)

La valeur de la constante de temps est donnée par l'abscisse correspondante, à l'ordonnée $0,632 I_2$, de la partie ascendante de la courbe de l'oscillogramme d'étalonnage du circuit (voir Figure 14).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annexe G (informative)

Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

G.1 Principes de base

Les largeurs X des rainures indiquées aux Figures G.3 à G.13 s'appliquent essentiellement à tous les exemples en fonction du degré de pollution, tels qu'ils sont énumérés dans le Tableau G.1.

Tableau G.1 – Largeurs minimales des rainures

Degré de pollution	Valeurs minimales de la largeur X des rainures mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

Pour la ligne de fuite entre l'isolant des supports fixe et mobile des contacts, aucune valeur minimale de X n'est exigée entre les parties isolantes qui se déplacent l'une par rapport à l'autre (voir Figure G.2).

Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur minimale de la rainure peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées aux Figures G.3 à G.13 ci-après. Ces exemples ne font pas de distinction entre les intervalles et les rainures, ni entre les différents types d'isolement.

En outre:

- tout angle est par hypothèse ponté par une liaison isolante de largeur X mm, placée dans la position la plus défavorable (voir Figure G.5);
- lorsque la distance entre les arêtes supérieures d'une rainure est supérieure ou égale à X mm, une ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir Figure G.6);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties mobiles l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.

G.2 Emploi de nervures

En raison de leur influence sur la contamination et de leur meilleure capacité de séchage, les nervures diminuent considérablement la formation de courants de fuite. Les lignes de fuite peuvent donc être réduites à 0,8 fois la valeur exigée, sous réserve que la hauteur de la nervure soit au moins de 2 mm (voir Figure G.1).

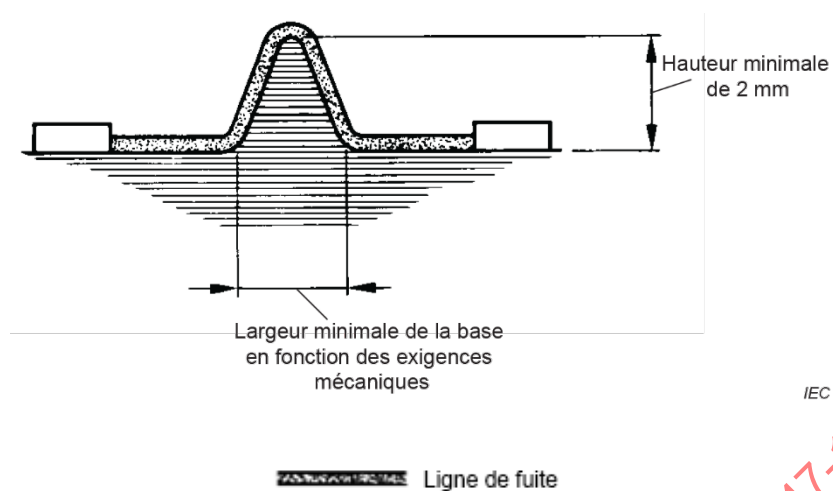


Figure G.1 – Mesurage des nervures

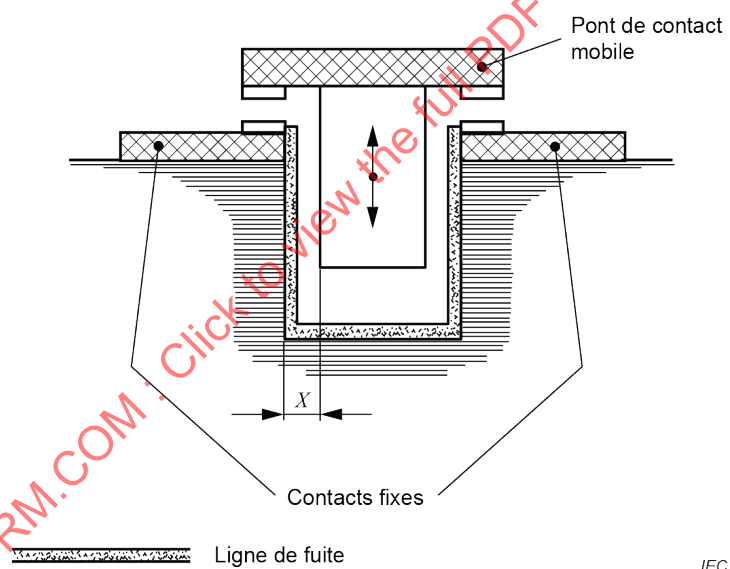
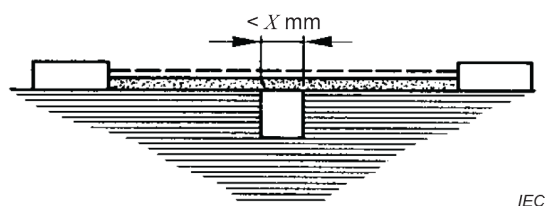


Figure G.2 – Ligne de fuite entre les isolants fixe et mobile des supports des contacts



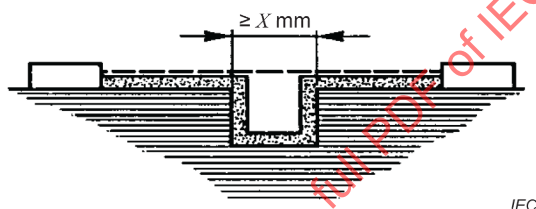
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

----- Distance d'isolement

===== Ligne de fuite

Figure G.3 – Exemple 1



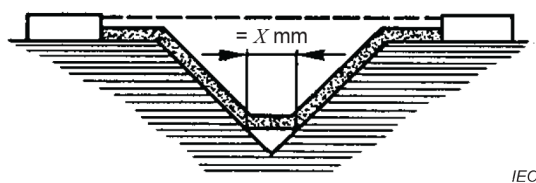
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur supérieure ou égale à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de ligne de fuite longe le profil de la rainure.

----- Distance d'isolement

===== Ligne de fuite

Figure G.4 – Exemple 2



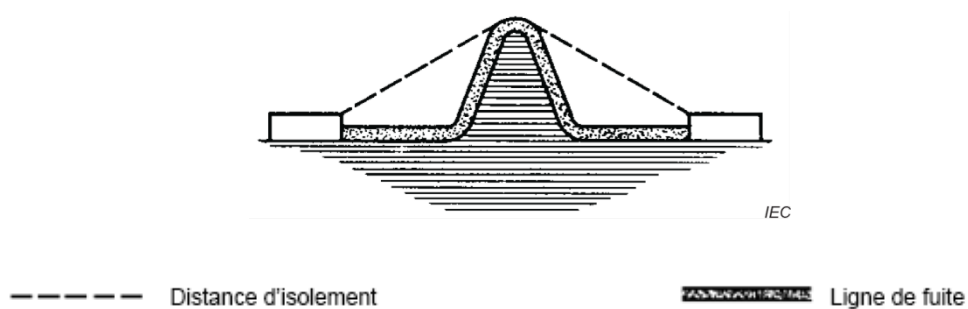
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais "court-circuite" le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

----- Distance d'isolement

===== Ligne de fuite

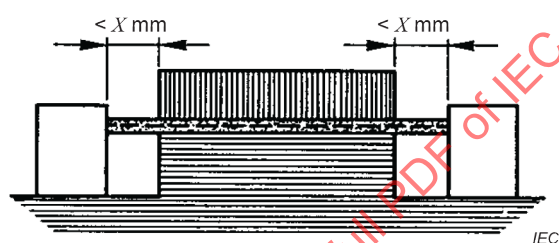
Figure G.5 – Exemple 3



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

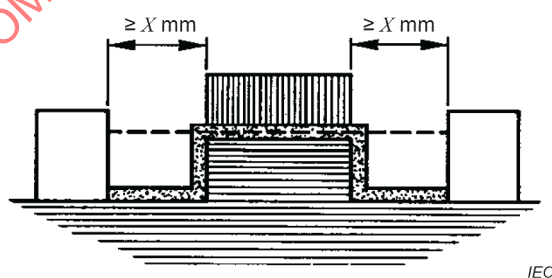
Figure G.6 – Exemple 4



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à $X \text{ mm}$ de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

Figure G.7 – Exemple 5

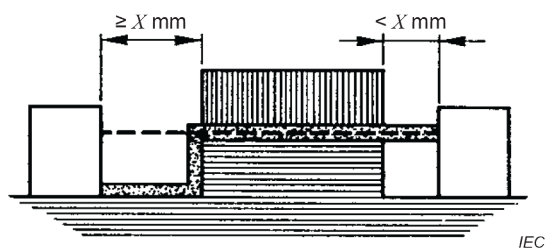


Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur supérieure ou égale à $X \text{ mm}$ de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures.



Figure G.8 – Exemple 6



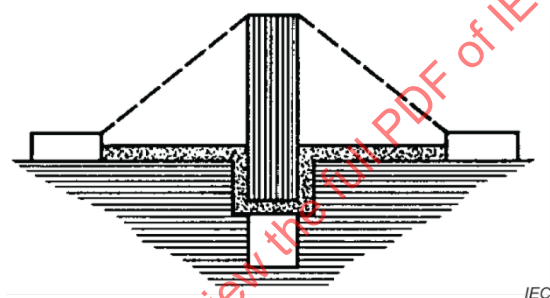
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté, une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur supérieure ou égale à X mm.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

----- Distance d'isolement

----- Ligne de fuite

Figure G.9 – Exemple 7



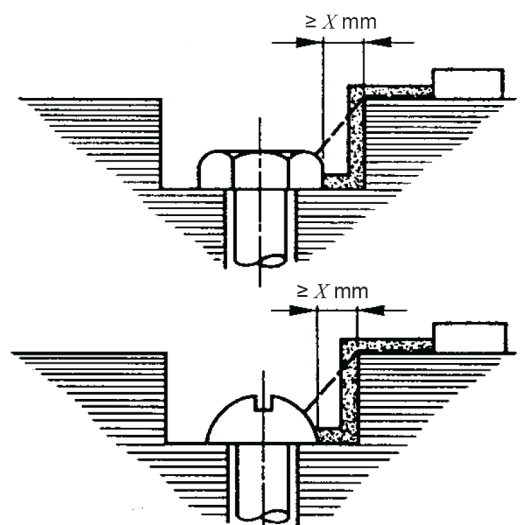
Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la barrière.

----- Distance d'isolement

----- Ligne de fuite

Figure G.10 – Exemple 8



IEC

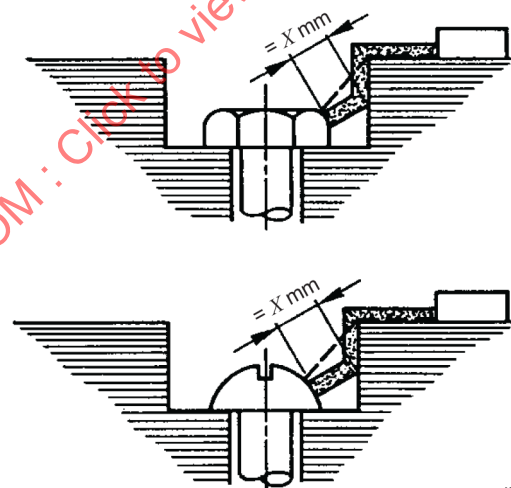
Condition: Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

----- Distance d'isolement

===== Ligne de fuite

Figure G.11 – Exemple 9



IEC

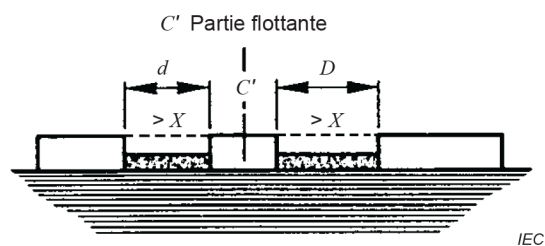
Condition: Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

Règle: La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

----- Distance d'isolement

===== Ligne de fuite

Figure G.12 – Exemple 10



La distance d'isolement correspond à $d + D$

La ligne de fuite correspond aussi à $d + D$

----- Distance d'isolement

██████████ Ligne de fuite

Figure G.13 – Exemple 11

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020

Annexe H (informative)

Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel

La présente annexe est destinée à donner les informations nécessaires au choix d'un matériel pour emploi dans un circuit, un réseau ou une partie de ce dernier.

Le Tableau H.1 donne des exemples de correspondance entre les tensions nominales du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel.

Les valeurs de tension assignée de tenue aux chocs données dans le Tableau H.1 sont fondées sur les caractéristiques de fonctionnement des parafoudres.

NOTE Il peut être reconnu que le contrôle des valeurs des surtensions par rapport à celles du Tableau H.1 peut aussi être réalisé par les conditions du réseau d'alimentation, telles que la présence d'impédances ou de câbles d'alimentation appropriés.

Dans les cas où le contrôle des surtensions est réalisé par des moyens autres que des parafoudres, l'IEC 60364-4-44 donne des recommandations sur la correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-1:2020