

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations –
Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation**

**Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les
surintensités pour installations domestiques et analogues –
Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 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.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 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.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations –
Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation**

**Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues –
Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-3744-1

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	9
1 Scope	11
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	13
3.1 Devices	13
3.2 General terms	14
3.3 Constructional elements	16
3.4 Conditions of operation	18
3.5 Characteristic quantities	19
3.6 Definitions related to insulation co-ordination	23
4 Classification	25
4.1 General	25
4.2 According to the number of poles:	25
4.3 According to the protection against external influences:	26
4.4 According to the method of mounting:	26
4.5 According to the methods of connection	26
4.5.1 According to the fixation system:	26
4.5.2 According to the type of terminals:	26
4.6 According to the instantaneous tripping current (see 3.5.17)	26
4.7 According to the I^2t characteristic	26
5 Characteristics of circuit-breakers	26
5.1 List of characteristics	26
5.2 Rated quantities	27
5.2.1 Rated voltages	27
5.2.2 Rated current (I_n)	27
5.2.3 Rated frequency	27
5.2.4 Rated short-circuit capacity (I_{cn})	28
5.2.5 Rated making and breaking capacity of an individual pole (I_{cn1})	28
5.3 Standard and preferred values	28
5.3.1 Preferred values of rated voltage	28
5.3.2 Preferred values of rated current	29
5.3.3 Standard values of rated frequency	29
5.3.4 Values of rated short-circuit capacity	29
5.3.5 Standard ranges of instantaneous tripping	30
5.3.6 Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})	30
6 Marking and other product information	30
7 Standard conditions for operation in service	32
7.1 General	32
7.2 Ambient air temperature range	32
7.3 Altitude	32
7.4 Atmospheric conditions	33
7.5 Conditions of installation	33
7.6 Pollution degree	33
8 Requirements for construction and operation	33
8.1 Mechanical design	33

8.1.1	General	33
8.1.2	Mechanism	33
8.1.3	Clearances and creepage distances (see Annex B)	35
8.1.4	Screws, current-carrying parts and connections	37
8.1.5	Terminals for external conductors	38
8.1.6	Non-interchangeability	40
8.1.7	Mechanical mounting of plug-in type circuit-breakers	41
8.2	Protection against electric shock	41
8.3	Dielectric properties and isolating capability	41
8.3.1	General	41
8.3.2	Dielectric strength at power frequency	42
8.3.3	Isolating capability	42
8.3.4	Dielectric strength at rated impulse withstand voltage (U_{imp})	42
8.4	Temperature-rise	42
8.4.1	Temperature-rise limits	42
8.4.2	Ambient air temperature	42
8.5	Uninterrupted duty	43
8.6	Automatic operation	43
8.6.1	Standard time-current zone	43
8.6.2	Conventional quantities	44
8.6.3	Tripping characteristic	44
8.7	Mechanical and electrical endurance	45
8.8	Performance at short-circuit currents	45
8.9	Resistance to mechanical shock and impact	45
8.10	Resistance to heat	45
8.11	Resistance to abnormal heat and to fire	46
8.12	Resistance to rusting	46
8.13	Power loss	46
9	Tests	46
9.1	Type tests and test sequences	46
9.2	Test conditions	47
9.3	Test of indelibility of marking	48
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	48
9.5	Tests of reliability of screw-type terminals for external copper conductors	50
9.6	Test of protection against electric shock	51
9.7	Test of dielectric properties	52
9.7.1	Resistance to humidity	52
9.7.2	Insulation resistance of the main circuit	52
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit	53
9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits	54
9.7.5	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts	54
9.8	Test of temperature-rise and measurement of power loss	57
9.8.1	Ambient air temperature	57
9.8.2	Test procedure	58
9.8.3	Measurement of the temperature of parts	58
9.8.4	Temperature-rise of a part	58
9.8.5	Measurement of power loss	58
9.9	28-day test	58

9.10	Test of tripping characteristic	59
9.10.1	General	59
9.10.2	Test of time-current characteristic.....	59
9.10.3	Test of instantaneous tripping, of correct opening of the contacts and of the trip-free function	59
9.10.4	Test of effect of single-pole loading on the tripping characteristic of multipole circuit-breakers.....	60
9.10.5	Test of effect of ambient temperature on the tripping characteristic	60
9.11	Verification of mechanical and electrical endurance	61
9.11.1	General test conditions	61
9.11.2	Test procedure	61
9.11.3	Condition of the circuit-breaker after test	62
9.12	Short-circuit tests.....	62
9.12.1	General	62
9.12.2	Values of test quantities	63
9.12.3	Tolerances on test quantities	63
9.12.4	Test circuit for short-circuit performance.....	63
9.12.5	Power factor of the test circuit	65
9.12.6	Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p)	65
9.12.7	Calibration of the test circuit	65
9.12.8	Interpretation of records	65
9.12.9	Condition of the circuit-breaker for test.....	66
9.12.10	Behaviour of the circuit-breaker during short-circuit tests.....	67
9.12.11	Test procedure	67
9.12.12	Verification of the circuit breaker after short circuit tests :	72
9.13	Mechanical stresses	73
9.13.1	Mechanical shock	73
9.13.2	Resistance to mechanical stresses and impact	74
9.14	Test of resistance to heat.....	77
9.15	Resistance to abnormal heat and to fire	78
9.16	Test of resistance to rusting	79
Annex A	(informative) Determination of short-circuit power factor	93
A.1	General.....	93
A.2	Method 1 – Determination from d.c. component	93
A.3	Method 2 – Determination with pilot generator	93
Annex B	(normative) Determination of clearances and creepage distances	94
B.1	General.....	94
B.2	Orientation and location of a creepage distance.....	94
B.3	Creepage distances where more than one material is used	94
B.4	Creepage distances split by floating conductive part	94
B.5	Measurement of creepage distances and clearances	94
Annex C	(normative) Test sequences and number of samples	99
C.1	Test sequences	99
C.2	Number of samples to be submitted for full test procedure and acceptance criteria	101
C.3	Number of samples to be submitted for simplified test procedure	101
Annex D	(informative) Co-ordination under short-circuit conditions between a circuit-breaker and another short-circuit protective device (SCPD) associated in the same circuit.....	105

D.1	General.....	105
D.2	Overview.....	105
D.3	General requirements for the co-ordination of a circuit-breaker with another SCPD	106
D.3.1	General consideration.....	106
D.3.2	Take-over current	106
D.3.3	Behaviour of C ₁ in association with another SCPD	106
D.4	Type and characteristics of the associated SCPD	106
D.5	Verification of selectivity	107
D.6	Verification of back-up protection	107
D.6.1	Determination of the take-over current.....	107
D.6.2	Verification of back-up protection.....	107
D.6.3	Tests for verification of back-up protection	108
D.6.4	Results to be obtained	109
Annex E (normative)	Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage	112
Annex F (informative)	Examples of terminals	113
Annex G (informative)	Correspondence between ISO and AWG copper conductors	116
Annex H (normative)	Arrangement for short-circuit test.....	117
Annex I (normative)	Routine tests	120
I.1	General.....	120
I.2	Tripping tests	120
I.3	Verification of clearances between open contacts	120
Annex J (normative)	Particular requirements for circuit-breakers with screwless type terminals for external copper conductors.....	121
J.1	Scope	121
J.2	Normative references.....	121
J.3	Terms and definitions.....	121
J.4	Classification	122
J.5	Characteristics of circuit-breakers	122
J.6	Marking.....	122
J.7	Standard conditions for operation in service.....	122
J.8	Constructional requirements	123
J.8.1	Connection or disconnection of conductors	123
J.8.2	Dimensions of connectable conductors	123
J.8.3	Connectable cross-sectional areas	124
J.8.4	Insertion and disconnection of conductors	124
J.8.5	Design and construction of terminals	124
J.8.6	Resistance to ageing	125
J.9	Tests	125
J.9.1	Test of reliability of screwless terminals.....	125
J.9.2	Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength	126
J.9.3	Cycling test.....	126
J.10	Reference documents	128
Annex K (normative)	Particular requirements for circuit-breakers with flat quick-connect terminations	130
K.1	Scope	130
K.2	Normative references.....	130

K.3	Terms and definitions.....	130
K.4	Classification	131
K.5	Characteristics of circuit-breakers.....	131
K.6	Marking.....	131
K.7	Standard conditions for operation in service.....	131
K.8	Constructional requirements	131
K.8.1	Clearances and creepage distances (see Annex B)	131
K.8.2	Terminals for external conductors	132
K.9	Tests	132
K.9.1	Mechanical overload-force	132
K.10	Reference documents	136
Annex L (normative)	Specific requirements for circuit-breakers with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors	137
L.1	Scope	137
L.2	Normative references.....	137
L.3	Terms and definitions.....	137
L.4	Classification	138
L.5	Characteristics of circuit-breakers.....	138
L.6	Marking.....	138
L.7	Standard conditions for operation in service.....	138
L.8	Constructional requirements	139
L.9	Tests	139
L.9.1	Test conditions	141
L.9.2	Current cycling test.....	141
Bibliography		147
Figure 1	– Thread forming tapping screw (3.3.22)	79
Figure 2	– Thread cutting tapping screw (3.3.23)	79
Figure 3	– Typical diagram for all short circuit tests except for 9.12.11.2.2)	80
Figure 4	– Typical diagram for short circuit tests according to 9.12.11.2.2)	81
Figure 5	– Detail of impedance Z and Z_1	81
Figure 6	– Example of short-circuit making or breaking test record in the case of a single-pole device on single phase a.c.	83
Figure 7	– Mechanical shock test apparatus (9.13.1)	84
Figure 8	– Standard test finger (9.6)	85
Figure 9	– Mechanical impact test apparatus (9.13.2)	86
Figure 10	– Striking element for pendulum for mechanical impact test apparatus (9.13.2).....	87
Figure 11	– Mounting support for mechanical impact test (9.13.2).....	88
Figure 12	– Example of mounting for a rear fixed circuit-breaker for mechanical impact test (9.13.2)	89
Figure 13	– Example of mounting of a panel board type circuit-breaker for mechanical impact test (9.13.2)	90
Figure 14	– Application of force for mechanical test on a rail-mounted circuit-breaker (9.13.2.4).....	91
Figure 15	– Ball-pressure test apparatus.....	91

Figure 16 – Example of application of force for mechanical test on two-pole plug-in circuit-breaker, the holding in position of which depends solely on the plug-in connections (9.13.2.5)	92
Figure 17 – Diagrammatic representation (9.15)	92
Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances	98
Figure D.1 – Overcurrent co-ordination between a circuit-breaker and a fuse or back-up protection by a fuse – Operating characteristics	110
Figure D.2 – Total selectivity between two circuit-breakers	110
Figure D.3 – Back-up protection by a circuit-breaker – Operating characteristics	111
Figure F.1 – Examples of pillar terminals	113
Figure F.2 – Examples of screw terminals and stud terminals	114
Figure F.3 – Examples of saddle terminals	115
Figure F.4 – Examples of lug terminals	115
Figure H.1 – Test arrangement	118
Figure H.2 – Grid circuit	118
Figure H.3 – Grid circuit	119
Figure J.1 – Connecting samples	126
Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals	128
Figure K.1 – Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise	133
Figure K.2 – Dimensions of male tabs	134
Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)	135
Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)	135
Figure K.5 – Dimensions of hole detents	135
Figure K.6 – Dimensions of female connectors	136
Figure L.1 – General arrangement for the test	145
Figure L.2	145
Figure L.3	146
Figure L.4	146
Figure L.5	146
Figure L.6	146
Table 1 – Preferred values of rated voltage	29
Table 2 – Ranges of instantaneous tripping	30
Table 3 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation	30
Table 4 – Minimum clearances and creepage distances	36
Table 5 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals	39
Table 6 – Temperature-rise values	42
Table 7 – Time-current operating characteristics	44
Table 8 – Maximum power loss per pole	46
Table 9 – List of type tests	47
Table 10 – Cross-sectional areas (S) of test copper conductors corresponding to the rated currents	48
Table 11 – Screw thread diameters and applied torques	49

Table 12 – Pulling forces	50
Table 13 – Test voltage of auxiliary circuits	54
Table 14 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	56
Table 15 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the circuit breakers and the altitude where the test is carried out	57
Table 16 – Applicability of short-circuit tests	63
Table 17 – Power factor ranges of the test circuit	65
Table 18 – Ratio k between service short-circuit capacity (I_{CS}) and rated short-circuit capacity (I_{CN})	69
Table 19 – Test procedure for I_{CS} in the case of single- and two-pole circuit-breakers	70
Table 20 – Test procedure for I_{CS} in the case of three- and four-pole circuit-breakers	70
Table 21 – Test procedure for I_{CS} in the case of three-phase tests for single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V	71
Table 22 – The test procedure for I_{CN}	71
Table 23 – Test procedure for I_{CN} in the case of three-phase tests for single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V	72
Table C.1 – Test sequences	100
Table C.2 – Number of samples for full test procedure	101
Table C.3 – Reduction of samples for series of circuit-breakers having different numbers of poles	103
Table C.4 – Test sequences for a series of circuit-breakers being of different instantaneous tripping classifications	104
Table J.1 – Connectable conductors	124
Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals	124
Table J.3 – Pull forces	126
Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor	131
Table K.2 – Overload test forces	132
Table K.3 – Dimensions of tabs	133
Table K.4 – Dimensions of female connectors	136
Table L.1 – Marking for terminals	138
Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals	139
Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals	140
Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters	140
Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents	141
Table L.6 – Test conductor length	142
Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions	142
Table L.8 – Test current as a function of rated current	144
Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D_{avg}	144

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL ACCESSORIES –
CIRCUIT-BREAKERS FOR OVERCURRENT PROTECTION
FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR INSTALLATIONS –****Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation**

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 60898-1 has been prepared by sub-committee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This bilingual version (2016-11) corresponds to the English version, published in 2015-03.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2002, Amendment 1:2002 and Amendment 2:2003. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Revision of 9.5 Terminals
- b) Revision of the test of glow wire

c) Simplification of the figures for short circuit tests.

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

FDIS	Report on voting
23E/881/FDIS	23E/894/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

In this standard, the following print types are used:

- Requirements proper: in roman type.
- *Test specifications: in italic type.*
- Explanatory matter: in smaller roman type.

A list of all parts in the IEC 60898 series, published under the general title *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations*, can be found on the IEC website.

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.

The contents of the corrigendum of November 2015 have been included in this copy.

ELECTRICAL ACCESSORIES – CIRCUIT-BREAKERS FOR OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR INSTALLATIONS –

Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation

1 Scope

This part of IEC 60898 applies to a.c. air-break circuit-breakers for operation at 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz, having a rated voltage not exceeding 440 V (between phases), a rated current not exceeding 125 A and a rated short-circuit capacity not exceeding 25 000 A.

As far as possible, it is in line with the requirements contained in IEC 60947-2.

These circuit-breakers are intended for the protection against overcurrents of wiring installations of buildings and similar applications; they are designed for use by uninstructed people and for not being maintained.

They are intended for use in an environment with pollution degree 2.

They are suitable for isolation.

Circuit-breakers of this standard, with exception of those rated 120 V or 120/240 V (see Table 1), are suitable for use in IT systems.

This standard also applies to circuit-breakers having more than one rated current, provided that the means for changing from one discrete rating to another is not accessible in normal service and that the rating cannot be changed without the use of a tool.

This standard does not apply to

- circuit-breakers intended to protect motors;
- circuit-breakers, the current setting of which is adjustable by means accessible to the user.

For circuit-breakers having a degree of protection higher than IP20 according to IEC 60529, for use in locations where arduous environmental conditions prevail (e.g. excessive humidity, heat or cold or deposition of dust) and in hazardous locations (e.g. where explosions are liable to occur), special constructions may be required.

This standard does not apply to circuit-breakers for a.c. and d.c. operation, which is covered by IEC 60898-2.

This standard does not apply to circuit-breakers which incorporate residual current tripping devices, which is covered by IEC 61009-1, IEC 61009-2-1, and IEC 61009-2-2.

A guide for coordination under short-circuit conditions between a circuit-breaker and another short-circuit protective device (SCPDS) is given in Annex D. For more severe overvoltage conditions, circuit-breakers complying with other standards (e.g. IEC 60947-2) should be used.

For an environment with a higher pollution degree, enclosures giving the appropriate degree of protection should be used.

NOTE Circuit-breakers within the scope of this standard can also be used for protection against electric shock in case of fault, depending on their tripping characteristics and on the characteristics of the installation. The criterion of application for such purposes is dealt with by installation rules.

This standard contains all requirements necessary to ensure compliance with the operational characteristics required for these devices by type tests.

It also contains the details relative to test requirements and methods of testing necessary to ensure reproducibility of test results.

This standard states

- a) the characteristics of circuit-breakers;
- b) the conditions with which circuit-breakers shall comply, with reference to:
 - 1) their operation and behaviour in normal service;
 - 2) their operation and behaviour in case of overload;
 - 3) their operation and behaviour in case of short-circuits up to their rated short-circuit capacity;
 - 4) their dielectric properties;
- c) the tests intended for confirming that these conditions have been met and the methods to be adopted for the tests;
- d) the data to be marked on the devices;
- e) the test sequences to be carried out and the number of samples (see Annex C);
- f) the co-ordination under short-circuit conditions with another short-circuit protective device (SCPD) associated in the same circuit (see Annex D);
- g) the routine tests to be carried out on each circuit-breaker to reveal unacceptable variations in material or manufacture, likely to affect safety (see Annex I).

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*. Available from: <http://www.electropedia.org/>

IEC 60227 (all parts), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60269 (all parts), *Low-voltage fuses*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*. Available from: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

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

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

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

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2:2006, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441, as well as the following apply.

3.1 Devices

3.1.1

switching device

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-01]

3.1.2

mechanical switching device

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-02]

3.1.3

fuse

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-18-01, modified – "The fuse comprises all the parts that form the complete device" has been deleted.]

3.1.4

circuit-breaker

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-20]

3.1.5

plug-in circuit-breaker

circuit-breaker having one or more plug-in terminals (see 3.3.20) and designed for use with appropriate means for the plug-in connection

3.2 General terms

3.2.1

overcurrent

current exceeding the rated current

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-06]

3.2.2

overload current

overcurrent occurring in an electrically undamaged circuit

Note 1 to entry: An overload current may cause damage if sustained for a sufficient time.

3.2.3

short-circuit current

overcurrent resulting from a fault of negligible impedance between points intended to be at different potentials in normal service

Note 1 to entry: A short-circuit current may result from a fault or from an incorrect connection.

3.2.4

main circuit

<of a circuit-breaker> all the conductive parts of a circuit-breaker included in the circuit which it is designed to close and open

3.2.5

control circuit

<of a circuit-breaker> circuit (other than a path of the main circuit) intended for the closing operation or opening operation, or both, of the circuit-breaker

3.2.6

auxiliary circuit

<of a circuit-breaker> all the conductive parts of a circuit-breaker intended to be included in a circuit other than the main circuit and the control circuit of the circuit-breaker

3.2.7

pole

<of a circuit-breaker> that part of a circuit-breaker associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit provided with contacts intended to connect and disconnect the main circuit itself and excluding those portions which provide a means for mounting and operating the poles together

3.2.7.1

protected pole

pole provided with an overcurrent release (see 3.3.6)

3.2.7.2

unprotected pole

pole without overcurrent release (see 3.3.6), but otherwise generally capable of the same performance as a protected pole of the same circuit-breaker

Note 1 to entry: To ensure compliance with this requirement, the unprotected pole may be of the same construction as the protected pole(s), or of a particular construction.

Note 2 to entry: If the short-circuit capacity of the unprotected pole is different from that of the protected pole(s), this has to be indicated by the manufacturer.

3.2.7.3**switched neutral pole**

pole only intended to switch the neutral, and not intended to have a short-circuit capacity

3.2.8**closed position**

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the circuit-breaker is secured

3.2.9**open position**

position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the circuit-breaker is secured

3.2.10**air temperature****3.2.10.1****ambient air temperature**

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the circuit-breaker

Note 1 to entry: For circuit breakers installed inside an enclosure, it is the temperature of air outside the enclosure

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-13, modified – "complete switching device or fuse" has been replaced by "circuit-breaker".]

3.2.10.2**reference ambient air temperature**

ambient air temperature on which the time-current characteristics are based

3.2.11**operation**

transfer of the moving contact(s) from the open position to the closed position or vice versa

Note 1 to entry: If distinction is necessary, an operation in the electrical sense (make or break) is referred to as a "switching operation" and an operation in the mechanical sense (close or open) is referred to as a "mechanical operation".

3.2.12**operating cycle**

succession of operations from one position to another and back to the first position

3.2.13**operation sequence**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-03]

3.2.14**uninterrupted duty**

duty in which the main contacts of a circuit-breaker remain closed whilst carrying a steady current without interruption for long periods (which could be weeks, months, or even years)

3.3 Constructional elements

3.3.1

main contact

contact included in the main circuit of a circuit-breaker and intended to carry in the closed position the current of the main circuit

3.3.2

arcing contact

contact on which the arc is intended to be established

Note 1 to entry: An arcing contact may serve as a main contact. It may also be a separate contact so designed that it opens after and closes before another contact, which it is intended to protect from damage.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-15-08]

3.3.3

control contact

contact included in a control circuit of a circuit-breaker and mechanically operated by the circuit-breaker

3.3.4

auxiliary contact

contact included in an auxiliary circuit and mechanically operated by the circuit-breaker (e.g. for indicating the position of the contacts)

3.3.5

release

device, mechanically connected to (or integrated into) a circuit-breaker, which releases the holding means and permits the automatic opening of the circuit-breaker

3.3.6

overcurrent release

release which causes a circuit-breaker to open, with or without time-delay, when the current in the release exceeds a pre-determined value

Note 1 to entry: In some cases this value can depend upon the rate of rise of current.

3.3.7

inverse time-delay overcurrent release

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

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

3.3.8

direct overcurrent release

overcurrent release directly energized by the current in the main circuit of a circuit-breaker

3.3.9

overload release

overcurrent release intended for protection against overloads

3.3.10

conductive part

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

3.3.11**exposed conductive part**

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

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

3.3.12**terminal**

conductive part of a device, provided for re-usable electrical connection to external circuits

3.3.12.1**screw-type terminal**

terminal for the connection and subsequent disconnection of a conductor or the inter-connection of two or more conductors, capable of being dismantled, the connection being made, directly or indirectly, by means of screws or nuts of any kind

3.3.12.2**pillar terminal**

screw-type terminal in which the conductor is inserted into a hole or cavity, where it is clamped under the shank of the screw(s).

Note 1 to entry: The clamping pressure may be applied directly by the shank of the screw or through an intermediate clamping element to which pressure is applied by the shank of the screw

Note 2 to entry: Examples of pillar terminals are shown in Annex F, Figure F.1.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-22]

3.3.12.3**screw terminal**

terminal in which the conductor is clamped under the head of the screw and where the clamping pressure can be applied directly by the head of the screw or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device

Note 1 to entry: Examples of screw terminals are shown in Annex F, Figure F.2.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-08]

3.3.12.4**stud terminal**

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a nut.

Note 1 to entry: The clamping pressure may be applied directly by a suitably shaped nut or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device

Note 2 to entry: Examples of stud terminals are shown in Annex F, Figure F.2.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-23]

3.3.12.5**saddle terminal**

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a saddle by means of two or more screws or nuts

Note 1 to entry: Examples of saddle terminals are shown in Annex F, Figure F.3.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-09]

3.3.12.6

lug terminal

screw terminal or stud terminal, designed for clamping a cable lug or a bar directly or indirectly by means of a screw or nut

Note 1 to entry: Examples of lug terminals are shown in Annex F, Figure F.4.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-16]

3.3.12.7

screwless terminal

connecting terminal for the connection and subsequent disconnection of one conductor or the interconnection of two or more conductors capable of being dismantled, the connection being made, directly or indirectly, by means of springs, wedges, eccentrics or cones, etc., without special preparation of the conductor other than removal of insulation

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-13 modified by adding the last part of the text]

3.3.12.8

plug-in terminal

terminal the electrical connection and disconnection of which can be effected without displacing the conductors of the corresponding circuit

Note 1 to entry: The connection is effected without the use of a tool and is provided by the resilience of the fixed and/or moving parts and/or by springs

3.3.13

tapping screw

screw manufactured from a material having a greater resistance to deformation when applied by rotary insertion to a hole in a material having a lesser resistance to deformation.

Note 1 to entry: The screw is made with a tapered thread, the taper being applied to the core diameter of the thread at the end section of the screw.

Note 2 to entry: The thread produced by application of the screw is formed securely only after sufficient revolutions have been made to exceed the number of threads on the tapered section

3.3.13.1

thread-forming tapping screw

tapping screw having an uninterrupted thread

Note 1 to entry: It is not a function of this thread to remove material from the hole

Note 2 to entry: An example of thread-forming tapping screw is shown in Figure 1.

3.3.13.2

thread-cutting tapping screw

tapping screw having an interrupted thread. The thread is intended to remove material from the hole.

Note 1 to entry: An example of thread-cutting tapping screw is shown in Figure 2.

3.4 Conditions of operation

3.4.1

closing operation

operation by which the circuit-breaker is brought from the open position to the closed position

3.4.2

opening operation

operation by which the circuit-breaker is brought from the closed position to the open position

3.4.3

dependent manual operation

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 60050-441:1984, 441-16-13]

3.4.4

independent manual operation

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 60050-441:1984, 441-16-16]

3.4.5

trip-free circuit-breaker

circuit-breaker, the moving contacts of which return to and remain in the open position when the automatic opening 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 may have been established, it may be necessary that the contacts momentarily reach the closed position.

3.5 Characteristic quantities

NOTE Unless otherwise specified, all values of current and voltage are r.m.s. values.

3.5.1

rated value

stated value of any one of the characteristic quantities that serve to define the working conditions for which the circuit-breaker is designed and built

3.5.2

prospective current

current that would flow in the circuit if each pole of the circuit-breaker were replaced by a conductor of negligible impedance

Note 1 to entry: The prospective current may be qualified in the same manner as an actual current, for example prospective breaking current, prospective peak current.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-01, modified – "complete switching device or fuse" has been replaced by "circuit-breaker".]

3.5.3

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 established by an ideal circuit-breaker, that is, with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, for example polyphase circuits, it further assumes that the current is established simultaneously in all poles, even if the current in only one pole is considered.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-02]

3.5.4

maximum prospective peak current

prospective peak current when the initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-04]

3.5.5

short-circuit making and breaking capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its r.m.s. value, which the circuit-breaker is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

3.5.5.1

ultimate short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence do not include the capability of the circuit-breaker to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.5.5.2

service short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence include the capability of the circuit-breaker to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.5.6

breaking current

current in a pole of a circuit-breaker at the instant of initiation of the arc during a breaking operation

3.5.7

applied voltage

voltage which exists across the terminals of a pole of a circuit-breaker just before the making of the current

Note 1 to entry: This definition refers to a single-pole device. For a multipole device the applied voltage is the voltage across the supply terminals of the device.

3.5.8

recovery voltage

voltage which appears across the terminals of a pole of a circuit-breaker after the breaking of the current

Note 1 to entry: This voltage may 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 or the steady-state recovery voltage alone exists.

Note 2 to entry: This definition refers to a single-pole device. For a multipole device the recovery voltage is the voltage across the supply terminals of the device.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-25, modified –Note 2 to entry has been added.]

3.5.8.1

transient recovery voltage

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

Note 1 to entry: The transient voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these, depending on the characteristics of the circuit and of the circuit-breaker. It includes the voltage shift of the neutral of a polyphase circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-26, modified –Note 2 has been deleted.]

3.5.8.2**power-frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-27]

3.5.9**opening time**

time measured from the instant at which, the circuit-breaker being in the closed position, the current in the main circuit reaches the operating value of the overcurrent release to the instant when the arcing contacts have separated in all poles

Note 1 to entry: The opening time is commonly referred to as tripping time, although, strictly speaking, tripping time applies to the time between the instant of initiation of the opening time and the instant at which the opening command becomes irreversible.

3.5.10**arcing time****3.5.10.1****arcing time of a pole**

interval of time between the instant of initiation of the arc in a pole and the instant of final arc extinction in that pole

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-37, modified – “or a fuse” and “or that fuse” have been deleted.]

3.5.10.2**arcing time of a multipole circuit-breaker**

interval of time between the instant of first initiation of an arc and the instant of final extinction in all poles

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-38]

3.5.11**break time**

interval of time between the beginning of the opening time of a circuit-breaker and the end of the arcing time

3.5.12 **I^2t** **Joule integral**

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

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

3.5.13 **I^2t characteristic of a circuit-breaker**

curve giving the maximum values of I^2t as a function of the prospective current under stated conditions of operation

3.5.14**co-ordination between overcurrent protective devices in series****3.5.14.1****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

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.22]

3.5.14.2

overcurrent selectivity

co-ordination of the operating characteristics of two or more overcurrent protective devices in series 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

[SOURCE: IEC 60947-2:2006/AMD2:2013, 2.17.1]

3.5.14.3

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 excessive stress on the latter

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.24]

3.5.14.4

total selectivity

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

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.2]

3.5.14.5

partial selectivity

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

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.3]

3.5.14.6

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 D.1) is a limiting value of current

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

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.4]

3.5.14.7

take-over current

I_B

current co-ordinate of the intersection between the time-current characteristics of two overcurrent protective devices

Note 1 to entry: The take-over current is the current co-ordinate of the intersection between the maximum break-time / current characteristics of two overcurrent protective devices in series.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-16]

3.5.14.8

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 standard, the short-circuit protective device is generally a circuit-breaker or a fuse.

Note 2 to entry: This definition differs from IEC 60050-441:1984, 441-17-20 by broadening the concept of current limiting device into a short-circuit protective device, the function of which is not only to limit the current.

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.29]

3.5.14.9

rated conditional short-circuit current

I_{nc}

value of 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 in the relevant product standard

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 4.3.6.4]

3.5.15

conventional non-tripping current

I_{nt}

specified value of current which the circuit-breaker is capable of carrying for a specified time (conventional time) without tripping

3.5.16

conventional tripping current

I_t

specified value of current which causes the circuit-breaker to trip within a specified time (conventional time)

3.5.17

instantaneous tripping current

minimum value of current causing the circuit-breaker to operate automatically without intentional time-delay

3.6 Definitions related to insulation co-ordination

3.6.1

insulation coordination

mutual correlation of insulation characteristics of electrical equipment taking into account the expected micro-environment and the influencing stresses

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.1]

3.6.2

working voltage

highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. 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.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.5]

3.6.3

overvoltage

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.7]

3.6.4

impulse withstand voltage

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown of the insulation under specific conditions

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.1]

3.6.5

overvoltage category

numeral defining a transient overvoltage condition

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.10, modified – The notes have been deleted.]

3.6.6

macro-environment

environment of the room or other location, in which the equipment is installed or used

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.12.1]

3.6.7

micro-environment

immediate environment of the insulation which particularly influences the dimensioning of the creepage distances

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.12.2]

3.6.8

pollution

any addition of foreign matter, solid, liquid or gaseous that can result in a reduction of electric strength or surface resistivity of the insulation

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.11]

3.6.9

pollution degree

numeral characterising the expected pollution of the micro-environment

Note 1 to entry: The pollution degree to which equipment is exposed may 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.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.13, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.6.10**isolation****isolating function**

function intended to cut off the supply from all or a discrete section of the installation by separating the installation from every source of electrical energy for reasons of safety

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19,]

3.6.11**isolating distance**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35]

3.6.12**clearance**

shortest distance in air between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts (see Annex B)

Note 1 to entry: For the purpose of determining a clearance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure is considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 8.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-31, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.6.13**creepage distance**

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

Note 1 to entry: See Annex B.

Note 2 to entry: For the purpose of determining a creepage distance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure is considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 8.

[SOURCE: IEC 60050-151:1984, 151-15-50 modified – Notes 1 and 2 to entry have been added.]

4 Classification**4.1 General**

Circuit-breakers are classified according to several criteria.

4.2 According to the number of poles:

- single-pole circuit-breakers;
- two-pole-circuit-breakers with one protected pole;
- two-pole circuit-breakers with two protected poles;
- three-pole circuit-breakers with three protected poles;
- four-pole circuit-breakers with three protected poles;
- four-pole circuit-breakers with four protected poles.

NOTE The pole which is not a protected pole can be

- "unprotected" (see 3.2.7.2), or
- "switched neutral" (see 3.2.7.3).

4.3 According to the protection against external influences:

- enclosed-type (not requiring an appropriate enclosure);
- unenclosed-type (for use with an appropriate enclosure).

4.4 According to the method of mounting:

- surface-type;
- flush-type;
- panel board type, also referred to as distribution board type.

NOTE These types may be intended to be rail mounted.

4.5 According to the methods of connection**4.5.1 According to the fixation system:**

- circuit-breakers, the electrical connections of which are not associated with the mechanical mounting;
- circuit-breakers, the electrical connections of which are associated with the mechanical mounting.

NOTE Examples of this type are:

- plug-in type;
- bolt-on type;
- screw-in type.

Some circuit-breakers can be of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.

4.5.2 According to the type of terminals:

- circuit-breakers with screw-type terminals for external copper conductors;
- circuit-breakers with screwless type terminals for external copper conductors;

NOTE 1 The requirements for circuit-breakers equipped with this type of terminals are given in Annex J.

- circuit-breakers with flat quick-connect terminals for external copper conductors;

NOTE 2 The requirements for circuit-breakers equipped with this type of terminals are given in Annex K.

- circuit-breakers with screw-type terminals for external aluminium conductors;

NOTE 3 The requirements for circuit-breakers with this type of terminal are given in Annex L.

4.6 According to the instantaneous tripping current (see 3.5.17)

- B-type;
- C-type;
- D-type.

NOTE The selection of a particular type can depend on the installation rules.

4.7 According to the I^2t characteristic

In addition to the I^2t characteristic provided by the manufacturer, circuit-breakers may be classified according to their I^2t characteristic.

5 Characteristics of circuit-breakers**5.1 List of characteristics**

The characteristics of a circuit-breaker shall be stated in the following terms:

- number of poles (see 4.2);
- protection against external influences (see 4.3);
- method of mounting (see 4.4);
- method of connection (see 4.5);
- value of rated operational voltage (see 5.3.1);
- value of rated current (see 5.3.2);
- value of rated frequency (see 5.3.3);
- range of instantaneous tripping current (see 4.5 and 5.3.5);
- value of rated short-circuit capacity (see 5.3.4);
- I^2t characteristic (see 3.5.13);
- I^2t classification (see 4.6).

5.2 Rated quantities

5.2.1 Rated voltages

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_o)

The rated operational voltage (hereinafter referred to as rated voltage) of a circuit-breaker is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance (particularly the short-circuit performance) is referred.

NOTE The same circuit-breaker can be assigned a number of rated voltages and associated rated short-circuit capacities.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of a circuit-breaker is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the circuit-breaker. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage of a circuit-breaker shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage given in Table 3.

5.2.2 Rated current (I_n)

A current assigned by the manufacturer as the current which the circuit-breaker is designed to carry in uninterrupted duty (see 3.2.14), at a specified reference ambient air temperature.

The standard reference ambient air temperature is 30 °C. If a different reference ambient air temperature for the circuit-breaker is used, the effect on the overload protection of cables shall be taken into account, since this is also based on a reference ambient air temperature of 30 °C according to installation rules.

NOTE The reference ambient air temperature for the overload protection of cables has been fixed at 25 °C according to IEC 60364.

5.2.3 Rated frequency

The rated frequency of a circuit-breaker is the power frequency for which the circuit-breaker is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

The same circuit-breaker may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.4 Rated short-circuit capacity (I_{cn})

The rated short-circuit capacity of a circuit-breaker is the value of the ultimate short-circuit breaking capacity (see 3.5.5.1) assigned to that circuit-breaker by the manufacturer.

NOTE A circuit-breaker having a given rated short-circuit capacity has a corresponding service short-circuit capacity (I_{cs}) (see Table 17).

5.2.5 Rated making and breaking capacity of an individual pole (I_{cn1})

The value of the limiting short-circuit making and breaking capacity on each individual protected pole of multipole circuit breakers.

NOTE The corresponding rated quantity of RCBOs is the rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$ (see 5.2.7 of IEC 61009-1:2010).

The standard values are those given in 5.3.4.1.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage

Preferred values of rated voltage are given in Table 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Table 1 – Preferred values of rated voltage

Circuit-breakers	Circuit supplying the circuit-breaker See also IEC 60364-1	Rated voltage of circuit-breakers for use in systems 230 V, 230/400 V, 400 V V	Rated voltage of circuit-breakers for use in systems 120/240V, 240 V V
Single pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase)	230	
	Three-phase (4-wire)	230	
	Single phase (phase to earthed middle conductor, or phase to neutral)		120 240
	Single phase (phase to neutral) or three phase, using three single-pole circuit-breakers (3-wire or 4-wire)	230/400	
Two-pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase)	230	
	Single phase (phase to phase)	400	240
	Single phase (phase to phase, 3-wire)		120/240
	Three phase (4-wire)	230	
Three-pole	Three phase (3-wire or 4-wire)	400	240
	Single phase (3-wire)		120/240
Four-pole	Three phase (4-wire)	400	
NOTE 1 In IEC 60038 the network voltage value of 230/400 V has been standardized. This value will progressively supersede the values of 220/380V and 240/415 V. NOTE 2 Wherever in this standard there is a reference to 230 V or 400 V, they can be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively. NOTE 3 Wherever in this standard there is a reference to 120 V, 240 V or 120/240 V, they can be read as 100 V, 200 V or 100/200 V, respectively.			

5.3.2 Preferred values of rated current

Preferred values of rated current are:

6 A, 8 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A and 125 A.

5.3.3 Standard values of rated frequency

Standard values of rated frequency are 50 Hz and 60 Hz.

5.3.4 Values of rated short-circuit capacity

5.3.4.1 Standard values up to and including 10 000 A

Standard values of rated short-circuit capacities up to and including 10 000 A are:

1 500 A, 3 000 A, 4 500 A, 6 000 A, 10 000 A.

NOTE The values of 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 5 000 A, 7 500 A and 9 000 A are also considered as standard in some countries.

The corresponding power factor ranges are given in 9.12.5.

5.3.4.2 Values above 10 000 A up to and including 25 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A the preferred value is 20 000 A.

The corresponding power factor range is given in 9.12.5.

5.3.5 Standard ranges of instantaneous tripping

Standard ranges of instantaneous tripping are given in Table 2.

Table 2 – Ranges of instantaneous tripping

Type	Range
B	Above $3 I_n$ up to and including $5 I_n$
C	Above $5 I_n$ up to and including $10 I_n$
D	Above $10 I_n$ up to and including $20 I_n^a$
^a For special cases values up to $50 I_n$ may also be used.	

5.3.6 Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 3 gives the standard values of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 3 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400, 250/440	120/240, 240 ^c
NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 14.		
NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 13.		
^a The values 3 kV and 5 kV respectively are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Table 4 and Table 13).		
^b For installation practice in Japan.		
^c For installation practice in North American countries.		

6 Marking and other product information

Each circuit-breaker shall be marked in a durable manner with the following:

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) type designation, catalogue number or serial number;
- c) rated voltage(s);

- d) rated current without symbol "A", preceded by the symbol of instantaneous tripping (B, C or D), for example B 16;
- e) rated frequency if the circuit-breaker is designed only for one frequency (see 5.3.3);
- f) rated short-circuit capacity, in amperes;
- g) wiring diagram, unless the correct mode of connection is evident;
- h) reference ambient air temperature, if different from 30 °C;
- i) degree of protection (only if different from IP20);
- j) for type D circuit-breakers: the maximum instantaneous tripping current, if higher than $20 I_n$ (see Table 2);
- k) rated impulse withstand voltage U_{imp} if it is 2,5 kV.
- l) making and breaking capacity on an individual protected pole of multipole circuit breakers (I_{cn1}), if different from I_{cn} .

Marking d) shall be readily visible when the circuit-breaker is installed. If, for small devices, the available space is insufficient, markings a), b), c), e), f), h), i), j) and l) may be put on the side or on the back of the circuit-breaker. Marking g) may be on the inside of any cover which has to be removed in order to connect the supply wires but shall not be on a label loosely attached to the circuit-breaker. Any other information not marked shall be given in the manufacturer's documentation.

The suitability for isolation, which is provided by all circuit-breakers of this standard, may be indicated by the symbol  (IEC 60417-6169-1) on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions, e.g. overload protection, or other symbols of IEC 60417. When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), combination with symbols of other functions is not allowed.

NOTE 1 In the following countries: DK, FI, NO, SE and ZA the marking of the symbol on the circuit-breaker is mandatory to indicate that the device provides isolation for the installation downstream. In these countries it is required that the symbol be clearly and unmistakably visible when the circuit-breaker is installed as in service and the actuator is accessible.

NOTE 2 In Australia this marking on the circuit-breaker is mandatory but is not required to be visible after installation.

If a degree of protection higher than IP20 according to IEC 60529 is marked on the device, it shall comply with it, whichever the method of installation. If the higher degree of protection is obtained only by a specific method of installation and/or with the use of specific accessories (e.g. terminal covers, enclosures, etc.), this shall be specified in the manufacturer's literature.

The manufacturer shall make available, on request, the I^2t characteristic (see 3.5.13).

The manufacturer may indicate the I^2t classification (see 4.7) and mark the circuit-breakers accordingly.

For circuit-breakers other than those operated by means of push-buttons the open position shall be indicated by the symbol O (a circle) IEC 60417-5008 and the closed position by the symbol I (a short vertical straight line) IEC 60417-5007. Additional national symbols for this indication are allowed. Provisionally the use of this national indication alone is allowed. These indications shall be readily visible when the circuit-breaker is installed.

For circuit-breakers operated by means of two push-buttons, only the push-button designed for the opening operation shall be red and/or be marked with the symbol O (IEC 60417-5008).

Red shall not be used for any other push-button of the circuit-breaker.

If a push-button is used for closing the contacts and is clearly identified as such, its depressed position is sufficient to indicate the closed position.

If a single push-button is used for closing and opening the contacts and is identified as such, the button remaining in its depressed position is sufficient to indicate the closed position. On the other hand, if the button does not remain depressed, an additional means indicating the position of the contacts shall be provided.

For circuit-breakers with multiple current ratings, the maximum value shall be marked in accordance with marking d), and in addition the value for which the circuit-breaker is adjusted shall be indicated without ambiguity.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, the former shall be indicated by arrows pointing towards the circuit-breaker and the latter by arrows pointing away from the circuit-breaker.

Terminals intended exclusively for the neutral shall be indicated by the letter N.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol  (IEC 60417-5019).

NOTE 3 The symbol  , (IEC 60417-5017), previously recommended, will be progressively superseded by the preferred symbol IEC 60417-5019 given above.

Marking shall be indelible and easily legible, and shall not be placed on screws, washers or other removable parts.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3.

7 Standard conditions for operation in service

7.1 General

Circuit-breakers complying with this standard shall be capable of operating under the following standard conditions.

7.2 Ambient air temperature range

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.

Circuit-breakers intended to be used in ambient air temperatures above +40 °C (particularly in tropical countries) or below –5 °C shall either be specially designed or be used according to the information given in the manufacturer's catalogue.

7.3 Altitude

In general the altitude of the site of installation does not exceed 2 000 m (6 600 ft).

For installations at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and of the cooling effect of the air. Circuit-breakers intended to be so used shall be designed specially or used according to an agreement between manufacturer and user. Information given in the manufacturer's catalogue may take the place of such an agreement.

7.4 Atmospheric conditions

The air is clean and its relative humidity does not exceed 50 % at a maximum temperature of +40 °C.

Higher relative humidities may be permitted at lower temperatures, for example 90 % at +20 °C.

Care should be taken by appropriate means (for example drain holes) of moderate condensation which may occasionally occur due to variations in temperature.

7.5 Conditions of installation

The circuit-breaker shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.6 Pollution degree

Circuit-breakers to this standard are intended for environment with pollution degree 2, i.e. normally only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

8.1.1 General

Circuit-breakers shall be so designed and constructed that, in normal use, their performance is reliable and without danger to the user or surroundings.

In general, compliance is checked by carrying out all the relevant tests specified.

8.1.2 Mechanism

The moving contacts of all poles of multipole circuit-breakers shall be so mechanically coupled that all poles, except the switched neutral, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically, even if an overload occurs on one protected pole only.

The switched neutral pole (see 3.2.7.3) of four-pole circuit-breakers shall not close after and shall not open before the protected poles.

Compliance is checked by inspection and by manual test, using any appropriate means (e.g. indicator lights, oscilloscope, etc.).

If a pole having an appropriate short-circuit making and breaking capacity is used as a neutral pole and the circuit-breaker has an independent manual operation (see 3.4.4), then all poles, including the neutral pole, may operate substantially together.

Circuit-breakers shall have a trip-free mechanism.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free function, by the test of 9.10.3.

It shall be possible to switch the circuit-breaker on and off by hand. For plug-in type circuit-breakers without operating handle, this requirement is not considered met by the fact that the circuit-breaker can be removed from its base.

Circuit-breakers shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position (see 3.2.8) or in the open position (see 3.2.9), even when the operating means is released in an intermediate position.

Circuit-breakers shall provide in the open position (see 3.2.9) an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function (see 8.3). Indication of the open and closed position of the main contacts shall be provided by one or both of the following means:

- the position of the actuator (this being preferred), or
- a separate mechanical indicator.

If a separate mechanical indicator is used to indicate the position of the main contacts, this shall show the colour red for the closed position (ON) and the colour green for the open position (OFF).

The means of indication of the contact position shall be reliable.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.10.3.

Circuit-breakers shall be designed so that the actuator, front plate or cover can only be correctly fitted in a manner which ensures correct indication of the contact position.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.12.12.1 and 9.12.12.2.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up the position corresponding to that of the moving contact(s); in this case, the operating means shall have two distinct rest positions corresponding to the position of the contacts but, for automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided.

The action of the mechanism shall not be influenced by the position of enclosures or covers and shall be independent of any removable part.

A cover sealed in position by the manufacturer is considered to be a non-removable part.

If the cover is used as a guiding means for push-buttons, it shall not be possible to remove the buttons from the outside of the circuit-breaker.

Operating means shall be securely fixed on their shafts and it shall not be possible to remove them without the aid of a tool. Operating means directly fixed to covers are allowed.

If the operating means has an "up-down" movement, when the circuit-breaker is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

NOTE 1 Provisionally in certain countries down-closing movement is allowed.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the operating means in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position.

NOTE 2 Locking of the operating means in the closed position is possible for particular applications.

Compliance is checked by inspection, taking into account the instructions of the manufacturer.

8.1.3 Clearances and creepage distances (see Annex B)

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 4 which is based on the circuit breaker being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 4 is checked by measurement and by the test of clause 9.7.5.4.1 and 9.7.5.4.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.1.

The clearances of items 2 and 4 (except accessible surfaces after installation, see Note 1) may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1 for homogenous field conditions.

NOTE 1 Accessible surface after installation means any surface accessible by the user when the RCD is installed according to the manufacturer's instructions. The test finger can be applied to determine whether a surface is accessible or not.

In this case, after the humidity treatment described in 9.7.1, compliance for item 2 and 4 and arrangements of 9.7.2 items b), c), d) and e) is checked in the following order:

- Tests according to 9.7.2 to 9.7.4 as applicable,
- Test according to 9.7.5.2 is applied with test voltages given in Table 13 with test arrangements of 9.7.2 items b), c), d), e),

If measurement does not show any reduced clearance, test 9.7.5.2 is not applied.

Compliance for item 3 in Table 4 is checked by measurement.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

Table 4 – Minimum clearances and creepage distances

	Minimum clearances mm			Minimum creepage distances ^{e, f} mm											
				Group IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Group I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Rated voltage V			Working voltage ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. between live parts which are separated when the main contacts are in the open position _{a,j}	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. between live parts of different polarity _{a,j}	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. between circuits supplied from different sources, one of which being PELV or SELV ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Rated voltage V											
				120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400		
4. between live parts and – accessible surfaces of operating means – screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the circuit-breaker – surface on which the circuit-breaker is mounted ^b – screws or other means for fixing the circuit-breaker ^b – metal covers or boxes ^b – other accessible metal parts ^c – metal frames supporting flush-type circuit-breakers	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0

NOTE 1 The values given for 400 V are also valid for 440 V.

NOTE 2 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.

Care should be taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of circuit-breakers, e.g. of the plug-in type mounted close to one another.

- ^a For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.
- ^b The values are doubled if clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the circuit-breaker is mounted are not dependent on the design of the circuit-breaker only, so that they can be reduced when the circuit-breaker is mounted in the most unfavourable condition.
- ^c Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight unjointed test finger according to 9.6 (see Figure 8).
- ^d See IEC 60112.
- ^e Interpolation is allowed in determining creepage distances corresponding to voltage values intermediate to those listed as working voltage. When interpolating, linear interpolation shall be used and values shall be rounded to the same number of digits as the values picked up from the tables. For determination of creepage distances, see Annex B.
- ^f Creepage distances cannot be less than the associated clearances.
- ^g To cover all different voltages including ELV in an auxiliary contact.
- ^h For material group IIIb ($100 \text{ V} \leq \text{CTI} < 175 \text{ V}$) the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.
- ⁱ For working voltages up to and including 25 V reference may be made to IEC 60664-1.
- ^j The clearance distances between the metal parts within the arc chamber may be less than 1mm, provided that the sum of distances is greater than prescribed in item 1 of Table 4.

8.1.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.1.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the circuit-breaker during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the circuit-breaker include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of a circuit-breaker.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.4.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.9, 9.12, 9.13 and 9.14.

8.1.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the circuit-breaker during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

The requirement with regard to correct introduction is met, if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example by guiding the screw by the part to be fixed by a recess in the female thread, or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.1.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered in respect of the stability of the dimensions.

8.1.4.4 Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

EXAMPLE Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;
- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.16).

The requirements of this subclause do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.1.5 Terminals for external conductors

8.1.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

Compliance is checked by inspection, by the tests of 9.5 for screw-type terminals, by specific tests for plug-in or bolt-on circuit-breakers included in the standard, or by the tests of Annex J or K, as relevant for the type of connection.

8.1.5.2 Circuit breakers shall be provided with:

- either terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 5;

NOTE Examples of possible designs of screw-type terminals are given in Annex F.

- or terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors according to Annex L.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting, in turn, one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.

Table 5 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^b A		Range of nominal cross-section to be clamped ^a mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded ^c) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	25 to 50	25 to 35

^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

^b A range of CBs having the same fundamental design and having the same design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

^c Rigid stranded conductors shall be used for conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm² and shall be in compliance with class 2 of IEC 60228:2004, related to stranded conductors for single-core.

NOTE 2 For the correspondence between ISO and AWG copper conductors see Annex G.

8.1.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.5.

8.1.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of the wire of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.1.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength. Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.2.

NOTE Provisionally, SI, BA and UN threads can be used as they are virtually equivalent in pitch and mechanical strength to metric ISO threads.

8.1.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.3.

8.1.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.2.

8.1.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.4.

8.1.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, the terminals shall not work loose from their fixings to circuit-breakers.

NOTE 1 These requirements do not imply that the terminals are so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement is to be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this standard.

NOTE 2 The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use, and
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this standard.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4.

8.1.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening.

Compliance is checked by manual test.

NOTE In general, the designs of terminals (examples of which are shown in Annex F) can provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs, special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, can be necessary.

8.1.5.11 Pillar terminals shall allow full insertion and reliable clamping of the conductor.

Compliance is checked by inspection after a rigid conductor of the largest cross-sectional area specified for the relevant rated current in Table 5 has been fully inserted and fully clamped by applying the torques according to Table 11.

8.1.5.12 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.1.6 Non-interchangeability

For circuit-breakers intended to be mounted on bases forming a unit therewith (plug-in type or screw-in type) it shall not be possible, without the aid of a tool, to replace a circuit-breaker when mounted and wired as for normal use by another of the same make having a higher rated current.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The expression "as for normal use" implies that the circuit-breaker is installed according to the manufacturer's instructions.

8.1.7 Mechanical mounting of plug-in type circuit-breakers

8.1.7.1 General

The mechanical mounting of plug-in type circuit-breakers, the holding in position of which does not depend solely on their plug-in connection(s), shall be reliable and have adequate stability.

8.1.7.2 Plug-in type circuit-breakers, the holding in position of which does not depend solely on their plug-in connection(s)

Compliance of the mechanical mounting is checked by the relevant tests of 9.13.

8.1.7.3 Plug-in type circuit-breakers, the holding in position of which depends solely on their plug-in connection(s)

Compliance of the mechanical mounting is checked by the relevant tests of 9.13.

8.2 Protection against electric shock

Circuit-breakers shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use (see note in 8.1.6), live parts are not accessible.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the test finger (see 9.6).

For circuit-breakers other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the circuit-breakers are mounted and wired as for normal use, shall either be of insulating material or be lined throughout with insulating material, unless the live parts are within an internal enclosure of insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of the circuit-breakers. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in circuit-breakers, external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible in normal conditions of use, shall be of insulating material.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their exposed conductive parts shall be covered by insulating material. This requirement does not apply to means for coupling insulated operating means of several poles.

It shall be possible to replace plug-in circuit-breakers easily without touching live parts.

Lacquer or enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6.

8.3 Dielectric properties and isolating capability

8.3.1 General

Circuit-breakers shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

8.3.2 Dielectric strength at power frequency

Circuit-breakers shall have adequate dielectric properties at power frequency.

Compliance is checked by the tests of 9.7.1, 9.7.2 and 9.7.3 on the circuit-breaker in new condition.

Moreover, after the endurance tests of 9.11 and after the short-circuit tests of 9.12, the circuit-breakers shall withstand the test of 9.7.3 but at the reduced test voltage specified in 9.11.3 and 9.12.12.2 respectively and without the previous humidity treatment of 9.7.1.

8.3.3 Isolating capability

Circuit-breakers shall be suitable for isolation.

Compliance is checked by the verification of compliance with the minimum clearances and creepage distances of item 1 of Table 4 and by the tests of 9.7.5.1 and 9.7.5.3.

8.3.4 Dielectric strength at rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Circuit-breakers shall adequately withstand impulse voltages.

Compliance is checked by the tests of 9.7.5.2.

8.4 Temperature-rise

8.4.1 Temperature-rise limits

The temperature rises of the parts of a circuit-breaker specified in Table 6, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in that table.

The circuit-breaker shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 6 – Temperature-rise values

Parts ^{a b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections ^c	60
External parts liable to be touched during manual operation of the circuit-breaker, including operating means of insulating material and metallic means for coupling insulated operating means of several poles	40
External metallic parts of operating means	25
Other external parts, including that face of the circuit-breaker in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contacts, since the design of most circuit-breakers is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacements of parts likely to affect the reproducibility of the tests. The 28-day test (see 9.9) is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue overheating in service.	
^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the circuit-breaker shall not be impaired.	
^c For plug-in type circuit-breakers, the terminals of the base on which they are installed.	

8.4.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 6 are applicable only if the ambient air temperatures remain between the limits given in 7.2.

8.5 Uninterrupted duty

Circuit-breakers shall operate reliably even after long service.

Compliance is checked by the test of 9.9.

8.6 Automatic operation

8.6.1 Standard time-current zone

The tripping characteristic of circuit-breakers shall be such that they ensure adequate protection of the circuit, without premature operation.

The zone of the time-current characteristic (tripping characteristic) of a circuit-breaker is defined by the conditions and the values stated in Table 7.

This table refers to a circuit-breaker mounted in accordance with the reference conditions (see 9.2) operating at the reference calibration temperature of 30 °C, with a tolerance of $^{+5}_0$ °C.

Compliance is checked by the tests specified in 9.10.

The test may be made at any convenient temperature, the results being referred to 30 °C, using the information given by the manufacturer.

In any case the variation from the test current of Table 7 shall not exceed 1,2 %/ per K of calibration temperature variation.

If the circuit-breakers are marked for a calibration temperature different from 30 °C, they are tested for that different temperature.

The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for calibration temperatures differing from the reference value.

Table 7 – Time-current operating characteristics

Test	Type	Test current	Initial condition	Limits of tripping or non-tripping time	Result to be obtained	Remarks
a	B, C, D	$1,13 I_n$	Cold ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	No tripping	
b	B, C, D	$1,45 I_n$	Immediately following test a	$t < 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	Tripping	Current steadily increased within 5 s
c	B, C, D	$2,55 I_n$	Cold ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (for $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (for $I_n > 32 \text{ A}$)	Tripping	
d	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	Cold ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	No tripping	Current established by closing an auxiliary switch
e	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$ ^b	Cold ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Tripping	Current established by closing an auxiliary switch
NOTE An additional test, intermediate between c and d, is under consideration for circuit-breakers of type D. ^a The term "cold" means without previous loading. ^b $50 I_n$ for special cases.						

8.6.2 Conventional quantities**8.6.2.1 Conventional time**

The conventional time is 1 h for circuit-breakers of rated current up to and including 63 A, and 2 h for circuit-breakers of rated current above 63 A.

8.6.2.2 Conventional non-tripping current (I_{nt})

The conventional non-tripping current of a circuit-breaker is 1,13 times its rated current.

8.6.2.3 Conventional tripping current (I_t)

The conventional tripping current of a circuit-breaker is 1,45 times its rated current.

8.6.3 Tripping characteristic**8.6.3.1 General**

The tripping characteristic of circuit-breakers shall be contained within the zone defined in 8.6.1.

NOTE Conditions of temperature and mounting different from those specified in 9.2 (e.g. mounting in a special enclosure, grouping of several circuit-breakers in the same enclosure) can affect the tripping characteristic of circuit-breakers.

The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for ambient temperatures differing from the reference value, within the limits of 7.2.

8.6.3.2 Effect of single-pole loading of multipole circuit-breakers on the tripping characteristic

When circuit-breakers having more than one protected pole are loaded on only one of the protected poles, starting from cold, with a current equal to

- 1,1 times the conventional tripping current, for two-pole circuit-breakers with two protected poles,
- 1,2 times the conventional tripping current, for three-pole and four-pole circuit-breakers,

the circuit-breakers shall trip within the conventional time specified in 8.6.2.1.

Compliance is checked by the test of 9.10.4.

8.6.3.3 Effect of the ambient air temperature on the tripping characteristic

Ambient temperatures other than the reference temperature, within the limits of $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, shall not unacceptably affect the tripping characteristic of circuit-breakers.

Compliance is checked by the tests of 9.10.5.

8.7 Mechanical and electrical endurance

Circuit-breakers shall be capable of performing an adequate number of cycles with rated current.

Compliance is checked by the test of 9.11.

8.8 Performance at short-circuit currents

Circuit-breakers shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations, during which they shall neither endanger the operator nor initiate a flashover between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.12.

It is required that circuit-breakers be able to make and to break any value of current up to and including the value corresponding to the rated short-circuit capacity at rated frequency, at a power-frequency recovery voltage equal to 105 % ($\pm 5\%$) of the rated voltage and at any power factor not less than the appropriate lower limit of the range stated in 9.12.5; it is also required that the corresponding values of I^2t lie below the I^2t characteristic (see 3.5.13).

8.9 Resistance to mechanical shock and impact

Circuit-breakers shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the tests of 9.13.

8.10 Resistance to heat

Circuit-breakers shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.14.

8.11 Resistance to abnormal heat and to fire

External circuit-breaker parts made of insulating material shall not be likely to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity attain a high temperature under fault or overload conditions.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.15.

8.12 Resistance to rusting

Ferrous parts shall be adequately protected against rusting.

Compliance is checked by the test of 9.16.

8.13 Power loss

Circuit-breakers shall not have excessive power loss. The maximum permissible values per pole are indicated in Table 8.

Compliance is checked by the test of 9.8.5.

Table 8 – Maximum power loss per pole

Range of rated current I_n A	Maximum power loss per pole W
$I_n \leq 10$	3
$10 < I_n \leq 16$	3,5
$16 < I_n \leq 25$	4,5
$25 < I_n \leq 32$	6
$32 < I_n \leq 40$	7,5
$40 < I_n \leq 50$	9
$50 < I_n \leq 63$	13
$63 < I_n \leq 100$	15
$100 < I_n \leq 125$	20

9 Tests

9.1 Type tests and test sequences

The characteristics of circuit-breakers are verified by means of type tests.

Type tests required by this standard are listed in Table 9.

Table 9 – List of type tests

Test	Subclause
Indelibility of marking	9.3
Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4
Reliability of terminals for external conductors	9.5
Protection against electric shock	9.6
Dielectric properties and isolating capability	9.7
Temperature-rise	9.8
28-day test	9.9
Tripping characteristic	9.10
Mechanical and electrical endurance	9.11
Short-circuit	9.12
Resistance to mechanical shock and impact	9.13
Resistance to heat	9.14
Resistance to abnormal heat and to fire	9.15
Resistance to rusting	9.16

For the purpose of verification of conformity with the standard, type tests are carried out in test sequences.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex C.

Unless otherwise specified, each type test (or sequence of type tests) is carried out on circuit-breakers in a clean and new condition.

9.2 Test conditions

The circuit-breaker is mounted individually, vertically and in free air at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

Circuit-breakers designed for installation in an individual enclosure are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

Unless otherwise specified, the circuit-breakers are wired with the appropriate cable specified in Table 10 and are fixed on a dull, black-painted plywood board of about 20 mm thickness, the method of fixing complying with any requirements relating to the means of mounting recommended by the manufacturer.

Where a tolerance is not specifically specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this standard.

Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency ± 5 Hz and at any convenient voltage.

During the tests, no maintenance or dismantling of the samples is allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.10 and 9.11 the circuit-breaker is connected as follows.

- a) *The connections are made by means of single-core, PVC insulated copper cables, according to IEC 60227 series.*
- b) *Unless otherwise specified, the tests are carried out with single-phase current.*

- c) *The connections are in free air and spaced not less than the distance between the terminals.*
- d) *The minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is:*
- *1 m for cross-sections up to and including 10 mm²;*
 - *2 m for cross-sections larger than 10 mm².*

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 11.

Table 10 – Cross-sectional areas (S) of test copper conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	Values of the rated current I_n A
1	$I_n \leq 6$
1,5	$6 < I_n \leq 13$
2,5	$13 < I_n \leq 20$
4	$20 < I_n \leq 25$
6	$25 < I_n \leq 32$
10	$32 < I_n \leq 50$
16	$50 < I_n \leq 63$
25	$63 < I_n \leq 80$
35	$80 < I_n \leq 100$
50	$100 < I_n \leq 125$

NOTE For AWG copper conductors see Annex G.

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane with a content of aromatics of maximum 0,1 % by volume, a kauributanol value of 29, an initial boiling-point approximately 65 °C, a dry-point of approximately 69 °C and a density of approximately 0,68 g/cm³.

Marking made by impression, moulding, or engraving is not subjected to this test.

After this test, the marking shall be easily legible.

The marking shall also remain easily legible after all the tests of this standard.

It shall not be easily possible to remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.1.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting up the circuit-breaker, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened

- *ten times for screws in engagement with a thread of insulating material;*
- *five times in all other cases.*

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and reinserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 11.

The screws and nuts shall not be tightened in jerks.

The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Plug-in connections are tested by plugging the circuit-breaker in and pulling it out five times.

After the test the connections shall not have become loose nor shall their electrical function be impaired.

Table 11 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm	Torque Nm		
	I	II	III
Up to and including 2,8	0,2	0,4	0,4
over 2,8 up to and including 3,0	0,25	0,5	0,5
over 3,0 up to and including 3,2	0,3	0,6	0,6
over 3,2 up to and including 3,6	0,4	0,8	0,8
over 3,6 up to and including 4,1	0,7	1,2	1,2
over 4,1 up to and including 4,7	0,8	1,8	1,8
over 4,7 up to and including 5,3	0,8	2,0	2,0
over 5,3 up to and including 6,0	1,2	2,5	3,0
over 6,0 up to and including 8,0	2,5	3,5	6,0
over 8,0 up to and including 10,0	3,5	4,0	10,0
Column I applies to screws without heads if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw. Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver. Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver. Where a screw has a hexagonal head with a slot 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 sample, 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.			

During the test, the screwed connections 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 circuit-breaker.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

Plug-in connections are tested by plugging the circuit-breaker in and pulling it out five times.

After the test the connections shall not have become loose nor shall their electrical function be impaired.

9.5 Tests of reliability of screw-type terminals for external copper conductors

9.5.1 Compliance with the requirements of 8.1.5 is checked by inspection, by the test of 9.4, for which a rigid copper conductor having the largest cross-section specified in Table 5 is placed in the terminal (for nominal cross-sections exceeding 6 mm², a rigid stranded conductor is used; for other nominal cross-sections, a solid conductor is used), and by the tests of 9.5.2, 9.5.3 and 9.5.4.

These last tests are made using a suitable test screwdriver or spanner.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the same type (rigid solid or rigid stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sectional as specified in Table 5.

The terminal shall be suitable for all types of conductors of the same type (rigid – solid or stranded – or flexible), unless otherwise specified by the manufacturer.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and flexible, unless otherwise specified by the manufacturer.

Terminals shall be tested with the minimum and maximum cross-section of each type of conductors on new terminals as follows:

- Tests for solid conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm², as applicable.
- Tests for stranded conductors shall use conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm², as applicable.
- Tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 35 mm², as applicable.
- .

The conductor is inserted into the terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to assist the wire to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 11.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 12. The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the conductor space.

When it is necessary, the tested values, for the different cross-sections with the relevant pulling force, shall be clearly indicated in the test report.

Table 12 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted in the terminal mm ²	1 up to and including 4	Above 4 up to and including 6	Above 6 up to and including 10	Above 10 up to and including 16	Above 16 up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.3 *The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 5, solid or stranded, whichever is the most unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 11.*

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage nor severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, 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 terminal.

9.5.4 *The terminals are fitted with the largest cross-sectional areas specified in Table 5, for rigid stranded copper conductor.*

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 11.

After the test no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Test of protection against electric shock

This verification is applicable to those parts of circuit breakers which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 8, on the sample mounted as for normal use (see note in 8.1.6) and fitted with the conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 5.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V.

Circuit-breakers with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of 35 °C ± 2 °C, the circuit-breakers being at this temperature.

The circuit-breakers are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the circuit-breaker, but is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed circuit-breakers having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel, and mounted as for normal use (see 8.1.6).

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the circuit-breaker for test

Parts which can be removed without the aid of a tool are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.1.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity maintained between 91 % and 95 %.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within ± 1 °C of any convenient value T between 20 °C and 30 °C.

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between T and $T + 4$ °C.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE A relative humidity between 91 % and 95 % can be obtained by placing in the humidity cabinet a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water having a sufficiently large contact surface with the air.

In order to achieve the specified conditions within the cabinet it is necessary to ensure constant circulation of the air within and, in general, to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.1.4 Condition of the circuit-breaker after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this standard and shall withstand the tests of 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, and 9.7.5.2.

9.7.2 Insulation resistance of the main circuit

The circuit-breaker having been treated as specified in 9.7.1 is then removed from the cabinet.

After an interval between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after application of a d.c. voltage of approximately 500 V, consecutively

In the following order:

- a) *with the circuit-breaker in the open position, between each pair of the terminals which are electrically connected together when the circuit-breaker is in the closed position, in turn on each pole;*
- b) *with the circuit-breaker in the closed position, between each pole and the others connected together;*
- c) *with the circuit-breaker in the closed position, between all poles connected together and the frame, including a metal foil or part in contact with the outer surface of the housing of insulating material but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;*

d) *between metal parts of the mechanism and the frame;*

NOTE Access to the metal part of the mechanism can be specifically provided for this measurement.

e) *for circuit-breakers with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.*

The measurements a), b) and c) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- *all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;*
- *the surface on which the base of the circuit-breaker is mounted, covered, if necessary, with a metal foil;*
- *screws and other devices for fixing the base to its support;*
- *screws for fixing covers which have to be removed when mounting the circuit-breaker, metal parts of operating means referred to in 8.2.*

If the circuit-breaker is provided with a terminal intended for the interconnection of protective conductors, this terminal is connected to the frame.

For the measurements according to b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall be not less than

- *2 M Ω for the measurements according to items a) and b);*
- *5 M Ω for the other measurements.*

9.7.3 Dielectric strength of the main circuit

After the circuit-breaker has passed the tests of 9.7.2 the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.2.

The test voltage shall have practically sinusoidal waveform, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short-circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the transformer shall operate when the current in the output circuit is lower than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- *2 000 V for items a) to d) of 9.7.2;*
- *2 500 V for item e) of 9.7.2;*

Initially, not more than half the prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in the voltage are neglected.

9.7.4 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

Insulation resistance and dielectric strength shall be verified according to a, b and c.

a) *The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.*

b) *The measurements of the insulation resistance are carried out:*

- *between the auxiliary circuits connected to each other and to the frame;*
- *between each of the parts of the auxiliary circuits which might be isolated from the other parts in normal service and the whole of the other parts connected together, at a voltage of approximately 500 V d.c., after this voltage has been applied for 1 min.*

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

c) *A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).*

The voltage values to be applied are specified in Table 13.

Table 13 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (a.c. or d.c.) V		Test voltage V
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of circuit breakers in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests can be made on samples specially prepared by the manufacturer or according to his instructions.

NOTE 3 Auxiliary circuits do not include the control circuit of circuit breakers functionally dependent on line voltage.

NOTE 4 Control circuits other than those of secondary circuit of detection transformers and control circuits connected to the main circuit are submitted to the same tests as the auxiliary circuits.

9.7.5 Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts

9.7.5.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 μs, and a time to half-value of 50 μs, the tolerances being as follow:

- *±5 % for the peak value;*

- ± 30 % for the front time;
- ± 20 % for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses being at least 1 s for impulses of the same polarity and being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on complete circuit-breaker, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value of 500 Ω .

In 9.7.5.2, for the verification of clearances within the basic insulation, on complete circuit-breaker, a very low impedance of the generator is needed for the test. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of 2 ohm is appropriate if internal components are not disconnected before testing. However, in any case, a measurement of the correct test voltage directly at the clearance is required.

The shape of the impulses is adjusted with the circuit-breaker under test connected to the impulse generator. For this purpose appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used.

Small oscillations in the impulses are allowed provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

Partial discharges in clearances which do not result in breakdown are disregarded.

NOTE that the use of an oscilloscope can be necessary to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.5.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of item 2 and 4 of Table 4 and arrangements given in 9.7.2 b), c) d) and e) shows a reduction of the required length this test applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.7.4.

NOTE 1 The measurement of the clearances can be replaced by this test.

The test is carried out on a circuit breaker fixed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 14 in accordance with the rated impulse voltage of the circuit breaker as given in Table 3. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 14.

A first series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together,
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s), connected together,
- and the neutral pole (or path) of the circuit breaker, as applicable.

A third series of tests is made applying the impulse voltage between arrangements given in 9.7.2 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

NOTE 2 The expression "unintentional disruptive discharge" is used to cover the phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, which include a drop in the voltage and the flowing of current.

Table 14 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.5.3 Verification of leakage currents across open contacts (suitability for isolation)

Each pole of circuit-breakers having been submitted to the tests of 9.12.11.2, or 9.12.11.3, or 9.12.11.4.2 or 9.12.11.4.3 or 9.12.11.4.4 is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage, the circuit-breaker being in the open position.

The leakage current flowing across the open contacts is measured and shall not exceed 2 mA.

9.7.5.4 Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions

9.7.5.4.1 General

These tests are not preceded by the humidity treatment described in 9.7.1.

NOTE The tests in 9.7.5.4, as stated in the requirements of 8.1.3, is carried out before 9.7.1 on 3 samples of Test sequence B.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 15, in accordance with the rated voltage of the installation for which the circuit breaker is intended to be used as given in Table 3. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 15.

Table 15 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the circuit breakers and the altitude where the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude				
	$U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 ^{a)}	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Single phase system 120/240 240 ^{b)}	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Three-phase systems 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

^{a)} For installation practice in Japan.

^{b)} For installation practice in North American countries.

9.7.5.4.2 Circuit breaker in opened position

The series of tests is carried out on a circuit-breaker fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

- the line terminals connected together
- and the load terminals connected together with the contacts in the open position.

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.7.5.4.3 Circuit breaker in closed position

The series of tests is carried out on a circuit-breaker fixed on a metal support, wired as in normal use and being in the closed position.

A first series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together,
- and, the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s), connected together,
- and the neutral pole (or path) of the circuit-breaker.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

9.8 Test of temperature-rise and measurement of power loss

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically positioned around the circuit-breaker at about half its height and at a distance of about 1 m from the circuit-breaker.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n at any convenient voltage is passed simultaneously through all the poles of the circuit-breaker for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady-state value or for the conventional time, whichever is the longer.

In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K/h.

For four-pole circuit-breakers with three protected poles, the test is first made by passing the specified current through the three protected poles only.

The test is then repeated by passing the same current through the pole intended for the connection of the neutral and the adjacent protected pole.

With the agreement of the manufacturer, the tests on four-pole circuit-breakers with three protected poles, may also be replaced by a single test with all poles in series including the N-pole.

During the test, the temperature-rises shall not exceed the values shown in table 6.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 6 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3, and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.8.5 Measurement of power loss

An a.c. current equal to I_n , with a supply voltage of a value not less than 30 V, is passed, in a substantially resistive circuit, through each pole of the circuit-breaker.

NOTE 1 A test voltage of a value less than 30 V can be used subject to the manufacturer's agreement.

The power loss per pole, calculated on the basis of the voltage drop measured under steady state conditions between its terminals, shall not exceed the relevant values given in Table 8.

NOTE 2 The voltage drop measurement can be made during the temperature-rise test, provided that the test conditions of this subclause are fulfilled.

9.9 28-day test

The circuit-breaker is subjected to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with a current equal to the rated current at an open circuit voltage of at least 30 V, and 3 h without current under the test conditions of 9.2.

The circuit-breaker is in the closed position, the current being established and interrupted by an auxiliary switch. During this test the circuit-breaker shall not trip.

During the last period of current flow the temperature-rise of the terminals shall be measured.

This temperature-rise shall not exceed the value measured during the temperature-rise test (see 9.8) by more than 15 K.

Immediately after this measurement of the temperature-rise, the current is steadily increased within 5 s to the conventional tripping current.

The circuit-breaker shall trip within the conventional time, the conventional tripping current being referred to calibration temperature, using the information given by the manufacturer..

9.10 Test of tripping characteristic

9.10.1 General

This test is made to verify that the circuit-breaker complies with the requirements of 8.6.1.

9.10.2 Test of time-current characteristic

9.10.2.1 *A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed for the conventional time (see 8.6.1 and 8.6.2.1) through all poles, starting from cold (see Table 7).*

The circuit-breaker shall not trip.

The current is then steadily increased within 5 s, to $1,45 I_n$ (conventional tripping current).

The circuit-breaker shall trip within the conventional time.

9.10.2.2 *A current equal to $2,55 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.*

The opening time shall not be less than 1 s and shall not be more than

- 60 s for rated currents up to and including 32 A;
- 120 s for rated currents greater than 32 A.

9.10.3 Test of instantaneous tripping, of correct opening of the contacts and of the trip-free function

9.10.3.1 General test conditions

For the lower values of the test current of 9.10.3.2, 9.10.3.3 and 9.10.3.4 respectively the test is made once, at any convenient voltage with all poles connected in series.

For the upper values of the test current the test is made, on each protected pole, at rated voltage between phase to neutral with a power factor between 0,95 and 1.”.

The sequence of operation is

$O - t - CO - t - CO - t - CO$

the interval t being as defined in 9.12.11.1.

During the whole O operation the operating means is deliberately held in the closed position. The trip free function shall work properly and the tripping time of the O operation is measured. After tripping the blocked position is abandoned.

In case of circuit-breakers with dependent manual operation, the circuit-breaker shall be operated with an operating speed, during actuation, of $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$, this speed being measured where and when the operating means of the test apparatus touches the operating means of the circuit-breaker under test. For rotary knobs the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the circuit-breaker under test.

After each operation all the indicating means shall show the open position of the contacts.

9.10.3.2 For circuit-breakers of the B-type

A current equal to $3 I_n$ is passed through all poles connected in series starting from cold.

The opening time shall not be less than 0,1 s.

A current equal to $5 I_n$ is then passed through each pole separately, again starting from cold.

The circuit-breaker shall trip in a time less than 0,1 s.

9.10.3.3 For circuit-breakers of the C-type

A current equal to $5 I_n$ is passed through all poles connected in series, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $10 I_n$ is then passed through each pole separately, again starting from cold.

The circuit-breaker shall trip in a time less than 0,1 s.

9.10.3.4 For circuit-breakers of the D-type

A current equal to $10 I_n$ is passed through all poles connected in series, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $20 I_n$ or to the maximum instantaneous tripping current (see clause 6, item j) is then passed through each pole separately, again starting from cold.

The circuit-breaker shall trip in a time less than 0,1 s.

9.10.4 Test of effect of single-pole loading on the tripping characteristic of multipole circuit-breakers

Compliance is checked by testing the circuit-breaker connected in accordance with 9.2, under the conditions specified in 8.6.3.2.

The circuit-breaker shall trip within the conventional time (see 8.6.2.1).

9.10.5 Test of effect of ambient temperature on the tripping characteristic

Compliance is checked by the following tests.

- a) *The circuit-breaker is placed in an ambient temperature of $(35 \pm 2) \text{ K}$ below the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.*

A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed through all poles for the conventional time. The current is then steadily increased within 5 s to $1,9 I_n$.

The circuit-breaker shall trip within the conventional time.

- b) *The circuit-breaker is placed in an ambient temperature of (10 ± 2) K above the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.*

A current equal to I_n is passed through all poles.

The circuit-breaker shall not trip within the conventional time.

9.11 Verification of mechanical and electrical endurance

9.11.1 General test conditions

The circuit-breaker is fixed to a metal support unless it is designed for installation in an individual enclosure, in which case it shall be mounted accordingly, as specified in 9.2.

The test is made at rated voltage, at a current adjusted to the rated current by means of resistors and reactors in series, connected to the load terminals.

If air-core reactors are used, a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactors is connected in parallel with each reactor.

The current shall have substantially sine-wave form and the power factor shall be between 0,85 and 0,9.

For single-pole circuit-breakers and for two-pole circuit-breakers with two protected poles, the metal support is connected to one side of the supply for the first half of the total number of operations and to the other side for the second half.

For two-pole circuit-breakers with one protected pole, the metal support is connected to the neutral of the supply.

For single-pole circuit-breakers with rated voltage 230/400 V the test shall be carried out at the lower voltage value.

For three-pole circuit-breakers, the metal support is connected to one phase of the supply for the first half of the total number of operations and to one of the other phases, chosen at random, for the second half.

For four-pole circuit-breakers, the metal support is connected to the neutral of the supply.

The circuit-breaker is connected to the circuit with conductors of the appropriate size indicated in Table 10.

9.11.2 Test procedure

The circuit-breaker is submitted to 4 000 operating cycles with rated current.

Each operating cycle consists of a making operation followed by a breaking operation.

For circuit-breakers of rated current up to and including 32 A the operating frequency shall be 240 operating cycles per hour. During each operating cycle, the circuit-breaker shall remain open for at least 13 s.

For circuit-breakers of rated current above 32 A the operating frequency shall be 120 operating cycles per hour. During each operating cycle the circuit-breaker shall remain open for at least 28 s.

The circuit-breaker shall be operated as in normal conditions of use.

Care shall be taken that

- the test apparatus does not damage the circuit-breaker under test;
- the free movement of the operating means of the circuit-breaker under test is not impeded;
- the speed of the operating means of the test apparatus is not unduly affected by the operating means of the circuit-breaker under test.

In case of circuit-breakers with dependent manual operation, the circuit-breaker shall be operated with an operating speed, during actuation, of $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$, this speed being measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the circuit-breaker under test. For rotary knobs the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the circuit-breaker under test.

9.11.3 Condition of the circuit-breaker after test

Following the test of 9.11.2 the sample shall not show

- undue wear;
- discrepancy between the position of the moving contacts and of the corresponding position of the indicating device;
- damage to the enclosure permitting access to live parts by the test finger (see 9.6);
- loosening of electrical or mechanical connections;
- seepage of sealing compound.

Moreover, the circuit-breaker shall comply with the test of 9.10.2.2 and shall withstand the dielectric strength test according to 9.7.3, but at a voltage 500 V less than the value prescribed in 9.7.4 and without previous humidity treatment.

9.12 Short-circuit tests

9.12.1 General

Standard tests for the verification of the short-circuit performance consist of sequences of making and breaking operations, appropriate to the performance to be checked, which are summarized in Table 16.

The short circuit tests shall be performed at a convenient temperature within the range according to 7.2.

All circuit-breakers are tested at 500 A or $10 I_n$, whichever is the higher, according to 9.12.11.2 and at 1 500 A according to 9.12.11.3.

Circuit-breakers having a rated short-circuit capacity above 1 500 A are additionally tested

- at service short-circuit (breaking) capacity (see 3.5.5.2) according to 9.12.11.4.2 and 9.12.12.1; the service short-circuit capacity is obtained by multiplying the rated short-circuit capacity by a factor k , the values of which are given in Table 18;
- at rated short-circuit capacity (see 5.2.4) according to 9.12.11.4.3 and to 9.12.12.2 if the factor k is less than 1, in which case new samples shall be used.

Table 16 – Applicability of short-circuit tests

Kind of test	Circuit-breaker to be tested	Verification after short-circuit tests according to subclause
Test at reduced short-circuit currents (9.12.11.2.1)	All circuit-breakers	9.12.12.1
Test to verify suitability for IT systems (9.12.11.2.2)	All circuit-breakers, except those rated 120 V or 120/240 V	
Tests at 1 500 A (9.12.11.3)	All circuit-breakers	
Tests at service short-circuit capacity (9.12.11.4.2)	Circuit-breakers with $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Tests at rated short-circuit capacity (9.12.11.4.3)	Circuit-breakers with $I_{cn} > I_{cs}$	9.12.12.2
Tests at the making and breaking capacity on an individual pole (9.12.11.4.4)	multipole circuit-breakers	9.12.12.2

9.12.2 Values of test quantities

All the tests concerning the verification of the rated short-circuit capacity shall be performed with the values stated by the manufacturer in accordance with the relevant tables of this standard.

The value of the applied voltage is that which is necessary to produce the specified power frequency recovery voltage.

The value of the power frequency recovery voltage (see 3.5.8.2) shall be equal to 105 % of the rated voltage of the circuit-breaker under test.

- For single-pole circuit-breakers having dual rated voltage value (e.g. 230/400 V) the power frequency recovery voltage shall be 105 % of the upper value (e.g. 400 V) for the tests according to item d) of 9.12.11.4.2, item b of 9.12.11.4.3 and 9.12.11.2.2; it shall be 105 % of the lower value (e.g. 230 V) for the other tests of 9.12.
- For two-pole circuit-breakers having dual rated voltage values (e.g. 120/240 V) the recovery voltage shall be 105 % of the lower value (e.g. 120 V) for the tests according to 9.12.11.2 and 105 % of the upper value (e.g. 240 V) for the other tests of 9.12.

NOTE The value of 105 % ($\pm 5\%$) of the rated voltage is deemed to cover the effects of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit can be increased with the approval of the manufacturer.

9.12.3 Tolerances on test quantities

The tests are considered as valid if the r.m.s. values recorded in the test report differ from the values specified within the following tolerances:

- current $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
- voltage (including recovery voltage): $\pm 5\%$
- frequency $\pm 5\%$.

9.12.4 Test circuit for short-circuit performance

Figure 3 and Figure 4 give the diagrams of the circuits to be used for the tests concerning:

- a single-pole circuit-breaker,
- a two-pole circuit-breaker with one protected pole,

- a two-pole circuit-breaker with two protected poles,
- a three-pole circuit-breaker,
- a four-pole circuit-breaker with three protected poles
- a four-pole circuit-breaker with four protected poles.

The resistances and reactances of the impedances Z and Z_1 (see Figure 5) shall be adjustable to satisfy the specified test conditions. The reactors shall preferably be air-cored. They shall always be connected in series with the resistors 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 (see 3.5.8.1) characteristics of test circuits including air-cored reactors are not representative of usual service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactor.

If iron-core reactors are used, the iron-core power losses of these reactors shall not exceed the losses that would be absorbed by the resistors connected in parallel with the air-cored reactors.

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 point of the supply or any other convenient point. In any case the earthing method shall be stated in the test report.

In each test circuit for testing the rated short-circuit capacity, the impedances Z are inserted between the supply source S and the circuit-breaker under test.

When tests are made with current less than the rated short-circuit breaking capacity, the additional impedances Z_1 , shall be inserted on the load side of the circuit-breaker.

For the tests at both the rated and the service short-circuit capacities, the circuit-breaker shall be connected with cables (rigid or flexible) having a length of 0,75 m per pole with the maximum cross-section, corresponding to the rated current, according to the rigid conductor column of Table 5.

A resistor R_2 of about $0,5 \Omega$ is connected in series with the frame and further on with copper wire F to point of connection H :

- for testing the single-pole circuit-breaker and two-pole circuit-breaker with one protected pole this connection H is linked to the neutral conductor point D , approximately for half number of operations of the circuit-breaker, and is connected for the remaining operations to the corresponding phase either point C or B .
- for testing either two-pole circuit-breaker with two protected poles, three-pole circuit-breaker, or four-pole circuit-breaker, this connection H is for all operations conducted to D .

The copper wire F shall be at least 50 mm in length and

- *0,1 mm in diameter for circuit-breakers to be tested in free air, mounted on a metal support,*
- *0,3 mm in diameter for circuit-breakers to be tested in the smallest individual enclosure specified by the manufacturer.*

Resistors R_1 drawing a current of 10 A per phase are connected on the supply side of the circuit-breaker, between the impedances for adjusting the prospective current to the rated short-circuit capacity of the circuit-breaker.

9.12.5 Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report.

Two examples are given in Annex A.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factors of each phase.

The power-factor ranges are given in Table 17.

Table 17 – Power factor ranges of the test circuit

Test current I_{cc} A	Corresponding power factor range
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

9.12.6 Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p)

The I^2t and I_p values shall be measured during the tests of 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4.

In the case of tests of circuit-breakers in three-phase circuits, the I^2t values shall be measured on each pole.

The maximum I^2t values measured shall be recorded in the test report and they shall not exceed the corresponding values of the I^2t characteristic declared by the manufacturer.

9.12.7 Calibration of the test circuit

9.12.7.1 To calibrate the test circuit, links G1, having negligible impedance compared with that of the test circuit, are connected in the positions shown in Figures 3 and 4.

9.12.7.2 To obtain a prospective current equal to the rated short-circuit capacity of the circuit-breaker at the corresponding power factor as stated in Table 16 impedances Z are inserted on the supply side of the links G1.

9.12.7.3 To obtain a test current lower than the rated short-circuit capacity of the circuit breaker, additional impedances Z1 are inserted on the load side of the links G1, as shown in figures 3 and 4.

9.12.8 Interpretation of records

9.12.8.1 Determination of the applied and power frequency recovery voltages

The applied and power frequency recovery voltages are determined from the record corresponding to the opening operation O, (see 9.12.11.1) made with the apparatus under test and estimated as indicated in Figure 6. The voltage on the supply side shall be measured during the first cycle after arc extinction in all poles and after high frequency phenomena have subsided.

9.12.8.2 Determination of the prospective short-circuit current

The a.c. component of the prospective current is taken as being equal to the r.m.s. value of the a.c. component of the calibration current (values corresponding to A2 of Figure 6).

Where applicable, the prospective short-circuit current shall be the average of the prospective currents in all the phases.

9.12.9 Condition of the circuit-breaker for test

9.12.9.1 General

Circuit-breakers shall be tested in free air according to 9.12.9.2, unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or they are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to 9.12.9.3 or, with the agreement of the manufacturer, according to 9.12.9.2.

NOTE An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The circuit-breaker shall be operated manually or by means of a test apparatus, simulating as closely as possible the normal closing operation.

Care shall be taken that

- the test apparatus does not damage the circuit-breaker under test;
- the free movement of the operating means of the circuit-breaker under test is not impeded;
- the speed of the operating means of the test apparatus is not unduly affected by the operating means of the circuit-breaker under test.

In case of circuit-breakers with dependent manual operation, the circuit-breaker shall be operated with an operating speed, during actuation, of $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$, this speed being measured where and when the operating means of the test apparatus touches the operating means of the circuit-breaker under test. For rotary knobs the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the circuit-breaker under test.

9.12.9.2 Test in free air

The circuit-breaker under test is mounted as shown in Figure H.1.

The polyethylene foil and the barrier of insulating material specified in Annex H are placed as shown in Figure H.1 for O operations only.

The grid(s) specified in Annex H shall be so positioned that the bulk of the emitted ionized gases passes through the grid(s). The grid(s) shall be placed in the most unfavourable position(s). If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, appropriate information should be provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure H.3) shall be connected to the points B and C according to the test circuit diagrams of Figures 3 or 4, as applicable; for the test of single-pole circuit-breakers having a rated voltage of 230/400 V the grid circuit(s) shall, however, be connected between phases, to the points B and C' according to the test circuit diagram of Figure 3.

The resistor R' shall have a resistance of $1,5 \Omega$. The copper wire F' (see Figure H.3) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for circuit-breakers having a rated voltage of 230 V and 0,16 mm for circuit-breaker having a rated voltage of 400 V or 230/400 V.

For circuit-breakers having a rated voltage of 120 V or 120/240 V the resistor R' shall have a resistance of $0,75 \Omega$ and the copper wire shall have a diameter of 0,12 mm.

For test currents up to and including 1 500 A, the distance "a" shall be 35 mm.

For higher short-circuit currents up to I_{cn} , the distance "a" may be increased, in which case it shall be chosen from the series (40, 45, 50, 55, etc.) mm and stated by the manufacturer.

For test currents greater than 1 500 A any additional barriers or insulating means which allow a shorter distance "a" shall also be stated by the manufacturer.

9.12.9.3 Test in enclosures

The test shall be performed with the circuit-breaker placed in an enclosure having the most unfavourable configuration under the most unfavourable conditions. The grid and the barrier of insulating material shown in Figure H.1 are omitted.

NOTE This means that if other circuit-breakers (or other devices) are normally mounted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, these circuit-breakers (or other devices) are installed there. They are supplied as in normal use, but via F' and R' as defined in 9.12.9.2, and connected as shown in the appropriate Figure (3 or 4).

In accordance with the manufacturer's instructions, barriers or other means, or adequate clearances may be necessary to prevent ionized gases from affecting the installation.

The polyethylene foil as described in Annex H is placed as shown in Figure H.1 at a distance of 10 mm from the operating means, for O operations only.

9.12.10 Behaviour of the circuit-breaker during short-circuit tests

During the operating sequence of 9.12.11.2 or 9.12.11.3 or 9.12.11.4 the circuit-breaker shall not endanger the operator and shall permit reclosing after the time t as specified in 9.12.11.1, without removing it from the test arrangement.

The polyethylene foil shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and frame, no melting of the fuse F and, where applicable, of the fuse F' .

9.12.11 Test procedure

9.12.11.1 General

The test procedure consists of a sequence of operations.

The following symbols are used for defining the sequence of operations:

O represents an opening operation;

CO represents a closing operation followed by an automatic opening;

t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or such longer time as may be required by the thermal overcurrent release in order to permit the reclosing of the circuit-breaker. This longer time shall be indicated by the manufacturer.

The actual value of t shall be stated in the test report. If the sample does not allow reclosing after the time indicated by the manufacturer it is considered as having failed the test.

After arc extinction, the recovery voltage shall be maintained for a duration not less than 0,1 s.

9.12.11.2 Tests at reduced short-circuit currents

9.12.11.2.1 Test on all circuit-breakers

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or 10 times I_n , whichever is the higher, at a power factor between 0,93 and 0,98.

Each of the protected poles of the circuit-breaker is subjected separately to a test in a circuit the connections of which are shown in Figure 3.

The circuit-breaker is caused to open automatically nine times, the circuit being closed six times by the auxiliary switch A and three times by the circuit-breaker itself.

The sequence of operations shall be

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

For the test the auxiliary switch A is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation for the opening operations are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Short-circuit test on circuit-breakers rated 230 V, or 240 V or 230/400 V for verifying their suitability for use in IT systems

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or 1,2 times the upper limit of the standard range of instantaneous tripping given in Table 2, whichever is the higher, but not exceeding 2 500 A, at a power factor between 0,93 and 0,98, at a voltage 105% of the rated phase to phase voltage value.

For circuit-breakers having an instantaneous tripping value exceeding $20 I_n$, the impedances are adjusted as to obtain a current 1,2 times the upper limit of instantaneous tripping declared by the manufacturer, the 2 500 A limitation being disregarded.

Single-pole circuit-breakers and each protected pole of multipole circuit-breakers are subjected individually to a test in a circuit the connections of which are shown in Figure 4.

The sequence of operations shall be

O – t – CO

For the O operation on the first protected pole the auxiliary switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 0° (with a tolerance of $\pm 5^\circ$) on the wave for this operation.

For the following O operations on the other protected poles to be tested (see Clause C.2) this point is shifted each time by 30° with respect to the point on wave of the previous test, with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

9.12.11.3 Test at 1 500 A

For circuit-breakers having a rated short-circuit capacity of 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2, to obtain a current of 1 500 A at a power factor corresponding to this current according to Table 17.

For circuit-breakers having a rated short-circuit capacity exceeding 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3, at a power factor corresponding to 1 500 A, according to Table 17.

The circuit breakers are tested in a circuit according to Figure 3.

For three-pole circuit-breakers, no connection G1 is made between the neutral of the supply and the common point, if any, on the load side of the circuit-breaker.

For four-pole circuit-breakers with three protected poles, the neutral of the supply is connected through the unprotected pole or the switched neutral pole to the common point on the load side of the circuit-breaker.

If the neutral of a four-pole circuit-breaker is not marked by the manufacturer, the tests are repeated with three new samples, using successively each pole as neutral in turn.

For the test of single-pole and two-pole circuit-breakers, the auxiliary switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

The sequence of operations shall be as specified in 9.12.11.2, except for single-pole circuit breakers of rated voltage 230/400 V. In that case only two CO operations are performed following the six O operations; in addition single-pole circuit-breakers are then tested by performing simultaneously one O operation, one circuit-breaker being inserted in each phase of the test circuit specified for three-pole circuit-breakers (Figure 3), without synchronization of the auxiliary switch establishing the short-circuit.

For three-pole and four-pole circuit-breakers, random point-on-wave testing is acceptable.

9.12.11.4 Test above 1 500 A

9.12.11.4.1 Ratio k between service short-circuit capacity and rated short-circuit capacity

The ratio k between the service short-circuit capacity and the rated short-circuit capacity shall be in accordance with Table 18.

Table 18 – Ratio k between service short-circuit capacity (I_{cs}) and rated short-circuit capacity (I_{cn})

I_{cn}	k
$I_{cn} \leq 6\,000\text{ A}$	1
$6\,000\text{ A} < I_{cn} \leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$I_{cn} > 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Minimum value of I_{cs} : 6 000 A	
^b Minimum value of I_{cs} : 7 500 A	

9.12.11.4.2 Test at service short-circuit capacity (I_{cs})

a) *The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3, with a power factor in accordance with Table 17.*

Three samples are tested in the relevant circuit specified in 9.12.11.3.

When the supply and load terminals of the circuit-breakers under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

b) *For single-pole and two-pole circuit-breakers the sequence of operation is:*

$O - t - O - t - CO$

For the O operations, the auxiliary switch A is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 0° on the wave for the O operation on the first sample.

This point is then shifted by 45° for the second O operation on the first sample; for the second sample, the two O operations shall be synchronized at 15° and 60° and for the third sample at 30° and 75° .

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

For two-pole circuit-breakers, the same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization.

This test procedure is shown in Table 19.

Table 19 – Test procedure for I_{cs} in the case of single- and two-pole circuit-breakers

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

c) For three-pole and four-pole circuit-breakers the sequence of operations is:

O – t – CO – t – CO

For the O operations, the auxiliary switch A is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on any point (x°) on the wave for the O operation on the first sample.

This point is then shifted by 60° for the O operation on the second sample and by a further 60° for the O operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$. The same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization for the different samples.

This test procedure is shown in Table 20.

Table 20 – Test procedure for I_{cs} in the case of three- and four-pole circuit-breakers

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

d) For single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V an additional set of three samples is tested in a circuit according to Figure 3 without N- connection .

These samples are inserted one in each phase of the test circuit, without synchronization of the auxiliary switch A establishing the short-circuit.

No connection shall be made between the neutral of the supply and the common point on the load side of the circuit-breakers.

The test procedure is shown in Table 21.

During this test the I^2t values need not be measured.

Table 21 – Test procedure for I_{cs} in the case of three-phase tests for single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O	O	O
2	–	CO	O
3	O	–	CO
4	CO	O	–

9.12.11.4.3 Test at rated short-circuit capacity (I_{cn})

a) The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2.

Three samples are tested in the relevant circuit specified in 9.12.11.3.

When the supply and load terminals of the circuit-breakers under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

The sequence of operations is

$$O - t - CO$$

For the O operations, the auxiliary switch A is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 15° on the wave for the O operation on the first sample.

This point is then shifted by 30° for the O operation of the second sample and by further 30° for the O operation of the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

For multipole circuit-breakers the same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization.

The test procedure is shown in Table 22.

Table 22 – The test procedure for I_{cn}

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

b) For single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V an additional set of four samples is tested in a circuit according to Figure 3 without N- connection .

Three of these samples are inserted one in each phase of the test circuit, without synchronization of the auxiliary switch A establishing the short-circuit.

No connection shall be made between the neutral of the supply and the common point on the load side of the circuit-breakers.

The test procedure is shown in Table 23.

After the second O operation of the sample shown as number 1 in Table 23 this sample shall be replaced by the fourth sample.

During this test the I^2t values need not be measured.

Table 23 – Test procedure for I_{cn} in the case of three-phase tests for single-pole circuit-breakers of rated voltage 230/400 V

Operation	Sample			
	1	2	3	4
1	O	O	O	–
2	O	CO	–	–
3	–	–	CO	O

9.12.11.4.4 Test at the making and breaking capacity on an individual pole (I_{cn1}) of multipole circuit-breakers

The test circuit is calibrated according to 9.12.7.

The test is carried out on one pole taken at random which shall not be the switched neutral.

This pole is connected according to the diagram of Figure 3, but with the neutral of the supply being connected directly downstream impedance Z1, so as to apply phase to neutral voltage to the tested pole.

In addition phases which do not carry the short-circuit current during this test shall be connected to their supply voltage at the corresponding terminals.

The sequence of operation is:

O – t – CO

For the " O " operations, the auxiliary switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 15° on the wave for the " O " operation on the first sample.

This point is then shifted by 30° for the " O " operation on the second sample and by a further 30° for the " O " operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

For the three- and four-pole circuit-breakers, the same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization

9.12.12 Verification of the circuit breaker after short circuit tests.:

9.12.12.1 Verifications after the tests at reduced short-circuit currents, at 1 500 A and at service short-circuit capacity

After the tests according to 9.12.11.2, 9.12.11.3 or 9.12.11.4.2, the circuit-breakers shall show no damage impairing their further use and shall, without maintenance, withstand the following tests.

- Leakage current across open contacts, according to 9.7.5.3.
- Dielectric strength tests according to 9.7.3, carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit tests at a voltage of 500 V less than the value prescribed in 9.7.5 and without previous humidity treatment.

After the test carried out under the conditions specified in item a) of 9.7.2, it shall be verified that the indicating means show the open position.

During the test carried out under the conditions specified in item b) of 9.7.2 the indicating means shall show the closed position.

- c) *Moreover, after the test of 9.12.11.3 or 9.12.11.4.2, the circuit-breakers shall not trip when a current equal to 0,85 times the conventional non-tripping current is passed through all poles for the conventional time, starting from cold.*

At the end of this verification the current is steadily increased, within 5 s, to 1,1 times the conventional tripping current.

The circuit-breakers shall trip within the conventional time.

9.12.12.2 Verifications after the short-circuit test at rated short-circuit capacity

After the tests according to 9.12.11.4.3 and 9.12.11.4.4 the polyethylene foil shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification and the circuit-breakers shall show no damage impairing their further use and shall, without maintenance, withstand the following tests:

- a) *Leakage current across open contacts, according to 9.7.5.3.*
b) *Dielectric strength tests according to 9.7.3, carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit tests at a voltage of 900 V and without previous humidity treatment.*

After the test carried out under the conditions specified in item a) of 9.7.2, it shall be verified that the indicating means show the open position.

During the test carried out under the conditions specified in item b) of 9.7.2 the indicating means shall show the closed position.

- c) *Moreover the circuit-breakers shall trip within the time corresponding to the test c of Table 7 when a current equal to 2,8 I_n is passed through all poles, the lower time limit being 0,1 s instead of 1 s.*

The sample shown as number 1 in Table 23 is not subjected to the verification of this subclause, but it shall nevertheless comply with the requirements of 9.12.10.

9.13 Mechanical stresses

9.13.1 Mechanical shock

9.13.1.1 Test device

The circuit-breaker is subjected to mechanical shocks using an apparatus as shown in Figure 7.

A wooden base A is fixed to a concrete block and a wooden platform B is hinged to base A. This platform carries a wooden board C, which can be fixed at various distances from the hinge and in two vertical positions.

The end of board B bears a metal stop-plate D which rests on a coiled spring having a constant c of 25 N/mm.

The circuit-breaker is secured to the vertical board in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from the platform, the vertical board being in turn so fixed that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in the Figure 7.

On the surface C, opposite the mounting surface of the circuit-breaker, a supplementary mass is fixed so that the static force on the metal stop-plate is 25 N in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.13.1.2 Test procedure

With the circuit-breaker in the closed position, but not connected to any electrical source, the platform is lifted at its free end and then allowed to fall 50 times from a height of 40 mm, the interval between consecutive falls being such that the sample is allowed to come to rest.

The circuit-breaker is then secured to the opposite side of the vertical board C and the platform is allowed to fall 50 times as before.

After this test, the vertical board is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the circuit-breaker is 200 mm from the hinge.

The platform is then allowed to fall 50 times as before, with the circuit-breaker on one side of the vertical board, and 50 times with the circuit-breaker on the opposite side.

Before each change of position, the circuit-breaker is manually opened and closed.

During the tests, the circuit-breaker shall not open.

9.13.2 Resistance to mechanical stresses and impact

9.13.2.1 *Compliance is checked on those exposed parts of the circuit-breaker mounted as for normal use (see note in 8.1.6), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.13.2.2 for all types of circuit-breakers and, in addition, by the tests specified in:*

- 9.13.2.3 for screw-in type circuit-breakers;
- 9.13.2.4 for circuit-breakers intended to be mounted on a rail and for all types of plug-in circuit-breakers designed for surface mounting;
- 9.13.2.5 for plug-in type circuit-breakers, the holding in position of which depends solely on their connections.

Circuit-breakers only intended to be totally enclosed are not submitted to this test.

9.13.2.2 *The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown in Figure 9 to Figure 13.*

The head of the striking element has a hemispherical face of radius 10 mm and is of polyamide having a Rockwell hardness of HR 100.

The striking element has a mass of (150 ± 1) g and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $(1\,000 \pm 1)$ mm above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $(12,7 \pm 0,0025)$ mm,
- initial load: (100 ± 2) N;
- overload: $(500 \pm 2,5)$ N.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ISO 2039-2.

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type circuit-breakers are mounted on a sheet of plywood, 8 mm thick and 175 mm square, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 11.

The mounting support shall have a mass of (10 ± 1) kg and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots.

The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type circuit-breakers are mounted in a device as shown in Figure 12, which in turn is fixed to the mounting support shown in Figure 11.

Panel board type circuit-breakers are mounted in a device as shown in Figure 13, which in turn is fixed to the mounting support shown in Figure 11.

Plug-in type circuit-breakers are mounted complete with the appropriate means for the plug-in connection, which means are fixed on the sheet of plywood for the surface-type, or in the device according to Figure 12 for the flush-type or Figure 13 for the panel-board-type, as applicable.

Screw-in type circuit-breakers are mounted in their appropriate base which is fixed to a mounting square plate made of a plywood sheet, 8 mm thick and 175 mm sides.

Circuit-breakers for screw fixing are fixed by means of screws.

Circuit-breakers for rail mounting are mounted on their appropriate rail.

Circuit-breakers intended both for screw fixing and for rail mounting shall be fixed with screws for the tests.

The design of the test apparatus is such that

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;*
- the plywood can be turned about a vertical axis.*

The circuit-breaker is mounted on the plywood or on the appropriate device as for normal use, with covers, if any, so that the point of impact lies in the vertical plane through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 11.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm onto surfaces which are exposed when the circuit-breaker is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact.

The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element is the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each circuit-breaker is subjected to ten blows, two of them being applied to the operating means and the remainder being evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impacts.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60°, about a vertical axis, and two blows are applied, each approximately midway between the blows on a lateral side and the blows on the operating means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about that of its axes which is perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

Two blows shall be applied on the operating means as follows: one when the operating means is in the closed position and the other when it is in the open position.

After the test the samples shall show no damage within the meaning of this standard. In particular covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the circuit-breaker, operating means, linings and barriers of insulating material and the like, shall not show such damage.

In case of doubt, it shall be verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.1.3 and small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

9.13.2.3 *Screw-in type circuit-breakers are screwed home in an appropriate base, a torque of 2,5 Nm being applied for 1 min.*

After the test the sample shall show no damage impairing its further use.

9.13.2.4 *Circuit-breakers designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use, but without cables being connected and without any cover or coverplate, on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall.*

Plug-in circuit-breakers designed for surface mounting are mounted complete with the appropriate means for the plug-in connection but without cables being connected and without any cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied without jerks for 1 min on the forward surface of the circuit-breaker, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (see Figure 14).

During this test, the circuit-breaker shall not become loose and after the test the circuit-breaker shall show no damage impairing its further use.

9.13.2.5 *Plug-in type circuit-breakers, the holding in position of which depends solely on their connections, are mounted, complete with the appropriate plug-in base but without cables being connected and without any cover-plate, on a vertical rigid wall.*

A force of 20 N is applied to the circuit-breaker portion at a point equidistant between the plug-in connections, without jerks for 1 min (see Figure 16).

During this test the circuit-breaker portion shall not become loose and shall not move from the base portion and after the test both portions shall show no damage impairing their further use.

9.14 Test of resistance to heat

9.14.1 *The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of (100 ± 2) °C; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of (70 ± 2) °C.*

During the test the samples shall not undergo any change impairing their further use and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally not accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this standard.

9.14.2 *External circuit-breaker parts made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit are subjected to a ball-pressure test by means of the apparatus shown in Figure 15 except that, where applicable, the insulating parts necessary to retain in position the terminals for protective conductors in a box shall be tested as specified in 9.14.3.*

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position and a steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of (125 ± 2) °C.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.14.3 *External circuit-breaker parts made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball-pressure test in accordance with 9.14.2, but the test is made at a temperature of (70 ± 2) °C, or (40 ± 2) °C plus the highest temperature rise, determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is the higher.*

NOTE 1 For the purpose of the tests of 9.14.2 and 9.14.3, bases of surface-type circuit-breakers are considered as external parts.

NOTE 2 The tests of 9.14.2 and 9.14.3 are not made on parts of ceramic material.

NOTE 3 If two or more of the insulating parts referred to in 9.14.2 and 9.14.3 are made of the same material, the test according to 9.14.2 or 9.14.3, as applicable, is carried out on only one of these parts.

9.15 Resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete circuit breaker in accordance with IEC 60695-2-10 under the following conditions:

- for external parts of circuit-breakers made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $(960 \pm 15) ^\circ\text{C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $(650 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type circuit-breakers are considered as external parts.

Small parts, where each surface lies completely within a circle of 15 mm diameter, or where any part of the surface lies outside a 15 mm diameter circle and it is not possible to fit a circle of 8 mm diameter on any of the surfaces, are not subjected to the test of this subclause (see Figure 17 for diagrammatic representation).

If a number of insulating parts is made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts, or to ensure that a part of insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling down from the tested part. The test is made on three samples, points of application of glow wire test being different from one sample to another one.

The glow wire cannot be applied directly to terminals area or arc chamber or magnetic tripping device area, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever getting in touch with the glow-wire. In this situation the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.

The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

If an internal part of insulation material influences the test with negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. Then, the glow wire test shall be repeated at the same place on this new sample.

In accordance with the manufacturer, it is acceptable as an alternative method to remove the part under examination in its entirety and test it separately (see IEC 60695-2-11:2000, Clause 4).

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if

- either there is no visible flame and no sustained glowing,
- or flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pinewood board.

9.16 Test of resistance to rusting

All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.

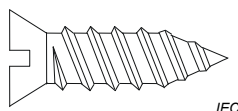


Figure 1 – Thread forming tapping screw (3.3.22)

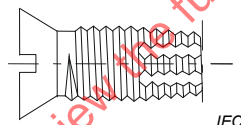


Figure 2 – Thread cutting tapping screw (3.3.23)

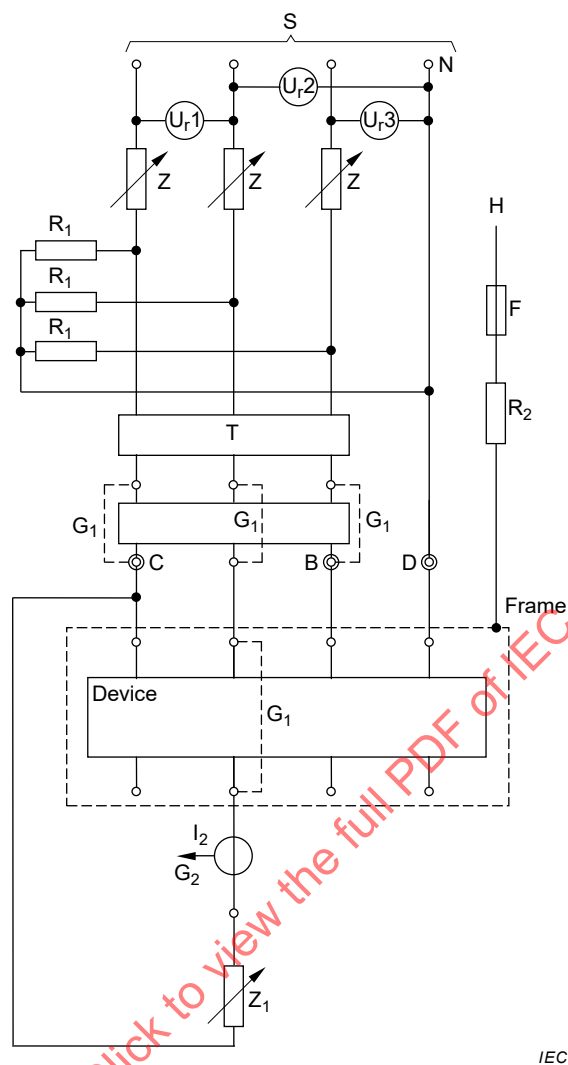


Figure 4 – Typical diagram for short circuit tests according to 9.12.11.2.2)

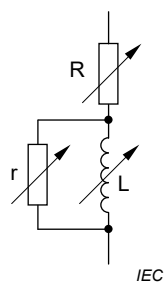


Figure 5 – Detail of impedance Z and Z_1

Explanation of letter symbols used in Figures 3, 4 and 5

N	=	Neutral conductor
S	=	Supply
R	=	Adjustable resistor(s)
Z	=	Impedance in each phase for the calibration of the rated short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.
Z_1	=	Adjustable impedance to obtain current below the rated short-circuit current
frame	=	All conductive parts normally earthed in service, including FE, if any
G_1	=	Temporary connection(s) for calibration
G_2	=	Connection(s) for the test with rated short-circuit current
T	=	Making switch for the short-circuit
I_1, I_2, I_3, I_4	=	Current sensor(s) May be situated on the supply or on the load side of device under test, but always on the secondary side of the transformer
U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}	=	Voltage sensor(s)
F	=	Copper wire for the detection of a fault current
R_1	=	Resistance drawing a current of approximately 10 A per phase
R_2	=	Resistor limiting the current in the device F
r	=	Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current
B, C and C'	=	Points for the connections of the grid(s) shown in Annex C
L	=	Adjustable air cored inductance(s)
P	=	Short circuit protective device for test according to Annex D

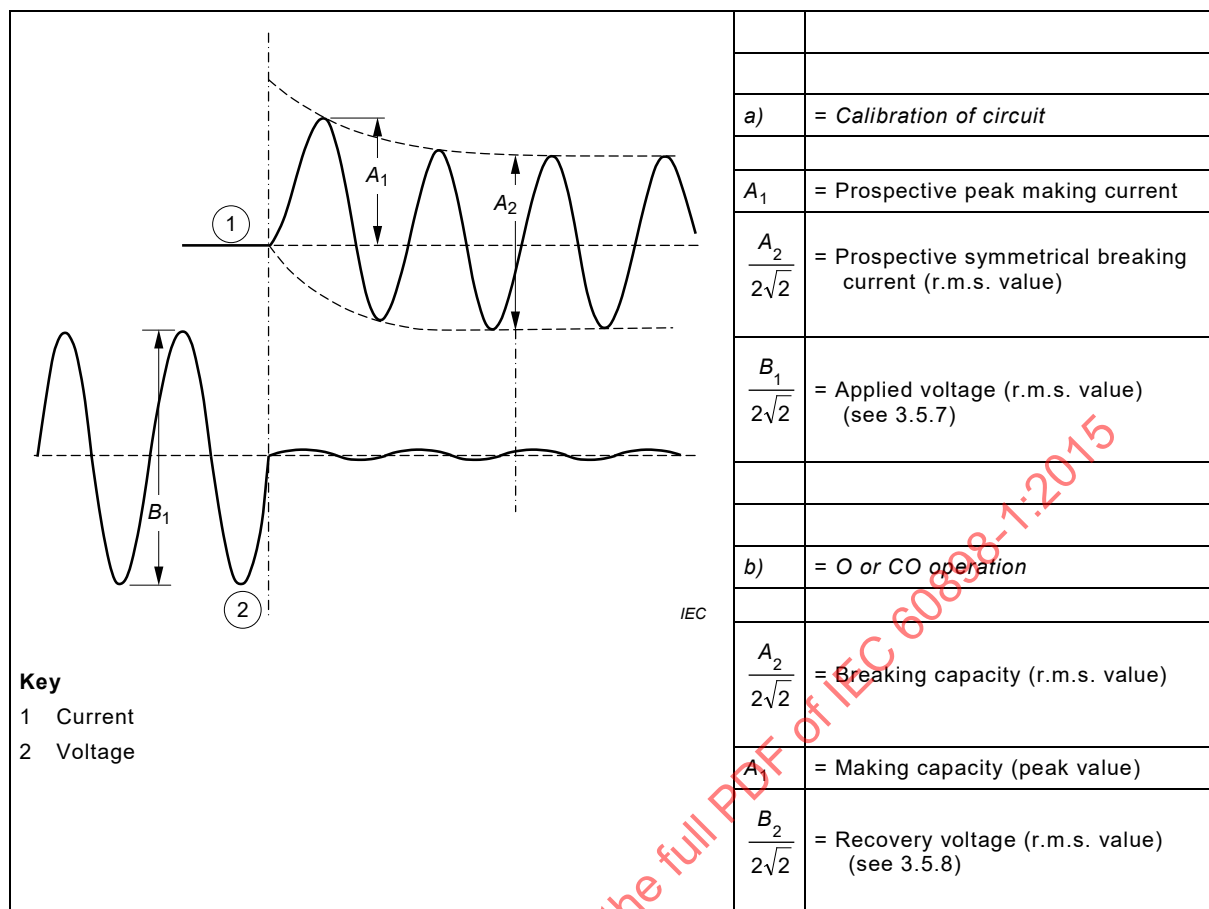
NOTE 1 The closing device T can alternatively be situated between the load side terminals of the device under test and current sensors I_1, I_2 and I_3 as applicable.

NOTE 2 The voltage sensors U_{r1}, U_{r2} and U_{r3} are connected between phase and neutral, as necessary.

NOTE 3 The adjustable load Z can be located at the high-voltage side of the supply circuit.

NOTE 4 Resistances R_1 can be omitted with the agreement of the manufacturer.

NOTE 5 0,5 m are connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the circuit-breaker under test.



NOTE 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, and the voltage sensing devices, and according to the test diagram.

Figure 6 – Example of short-circuit making or breaking test record in the case of a single-pole device on single phase a.c.

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a pump or motor component, showing a cross-section and a side view.

Dimensions:

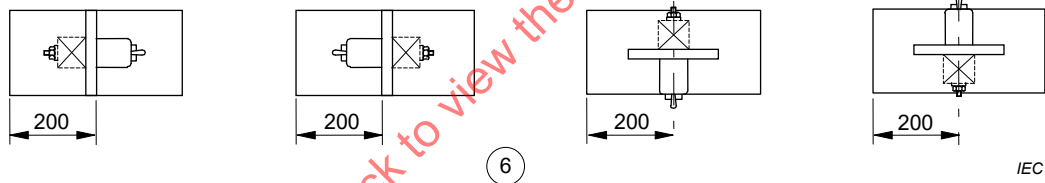
- Overall width: 400
- Overall height: 300
- Distance from bottom to center of the main body: 100
- Distance from bottom to the top of the main body: 180
- Distance from the left edge to the center of the main body: 200
- Distance from the center of the main body to the right edge: 120
- Distance from the bottom to the top of the main body: 20
- Distance from the bottom to the top of the main body: 100

Labels:

- 1: Main body (hatched area)
- 2: Central component (hatched area)
- 3: Right side component (hatched area)
- 4: Top flange (hatched area)
- 5: Bottom flange (hatched area)
- A: Point on the left side of the main body
- B: Point on the right side of the main body
- C: Point on the top flange
- D: Point on the bottom flange

Notes:

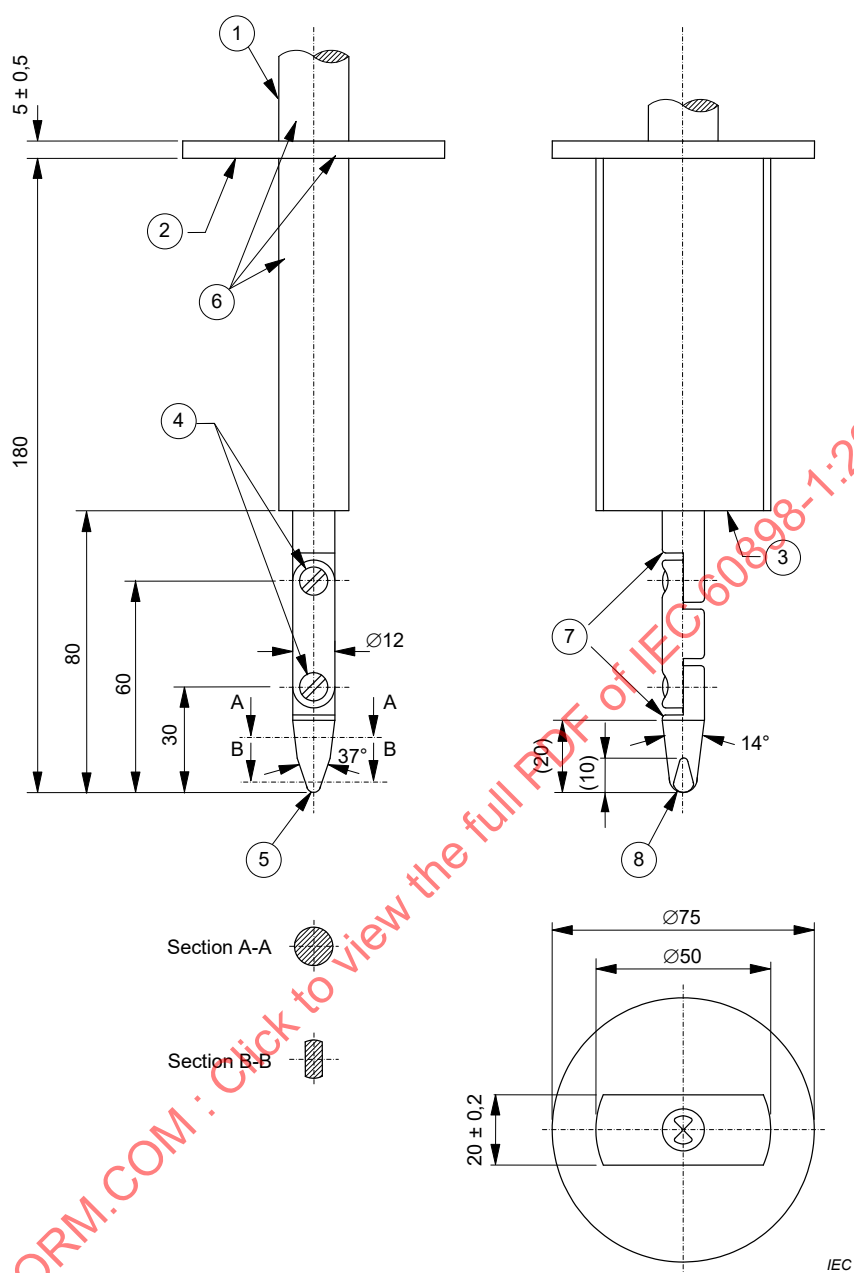
- 1. The drawing is a cross-section of a mechanical assembly.
- 2. The hatched areas represent different materials or components.
- 3. The dimensions are in millimeters (mm).
- 4. The drawing is a technical drawing of a mechanical assembly.
- 5. The drawing is a technical drawing of a mechanical assembly.



- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 7 – Mechanical shock test apparatus (9.13.1)

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

- 5 R2 ± 0,05 cylindrical
6 Insulating material
7 Chamfer all edges
8 R4 ± 0,05 spherical

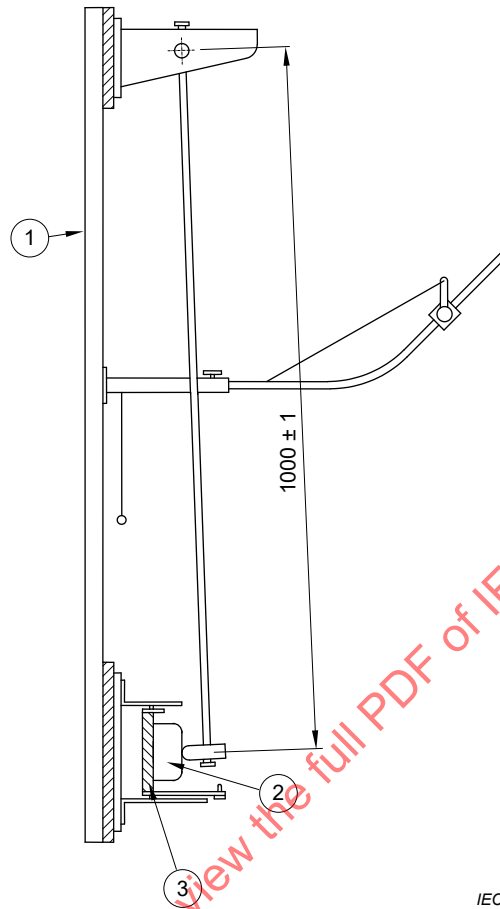
Material : metal, except where otherwise specified
Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles:	0 -10
on linear dimensions:	0
up to 25 mm:	-0,05
over 25 mm:	±0,2

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of +10°.

Figure 8 – Standard test finger (9.6)

Dimensions in millimetres



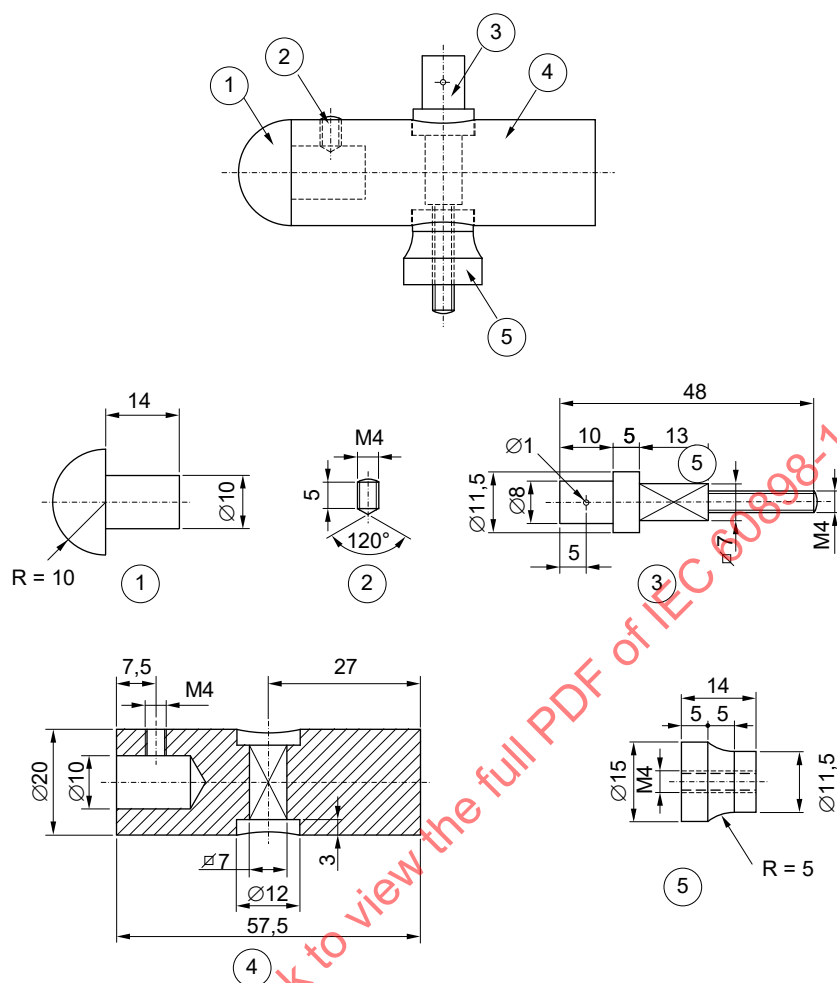
IEC

Key

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 9 – Mechanical impact test apparatus (9.13.2)

Dimensions in millimetres



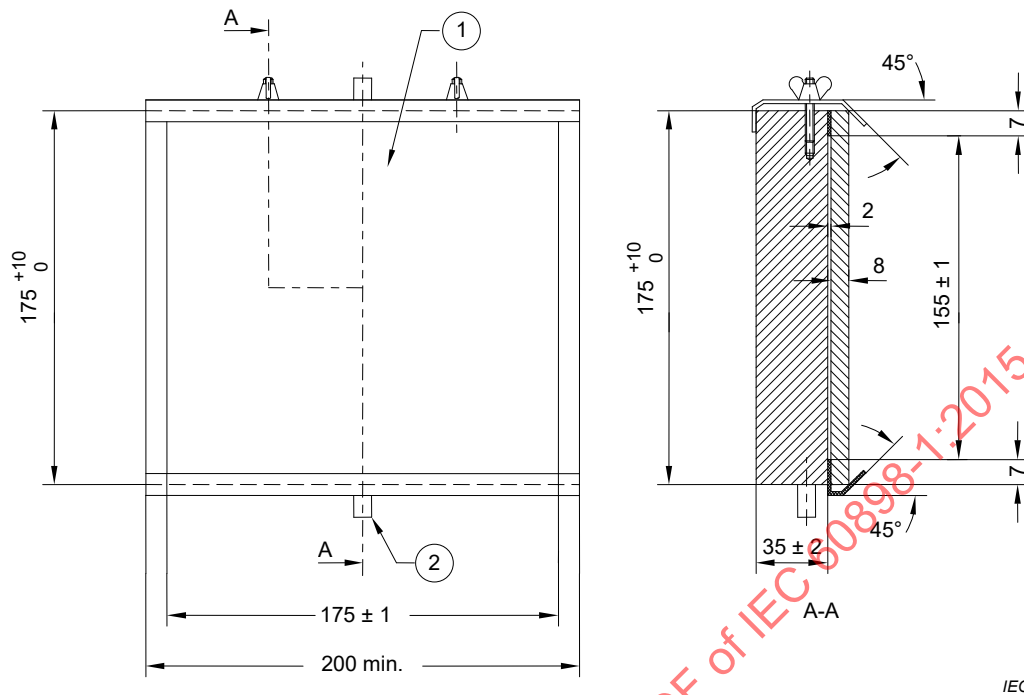
IEC

Key

- | | |
|------------|--------------|
| 1 | Polyamide |
| 2, 3, 4, 5 | Steel Fe 360 |

**Figure 10 – Striking element for pendulum
for mechanical impact test apparatus (9.13.2)**

Dimensions in millimetres

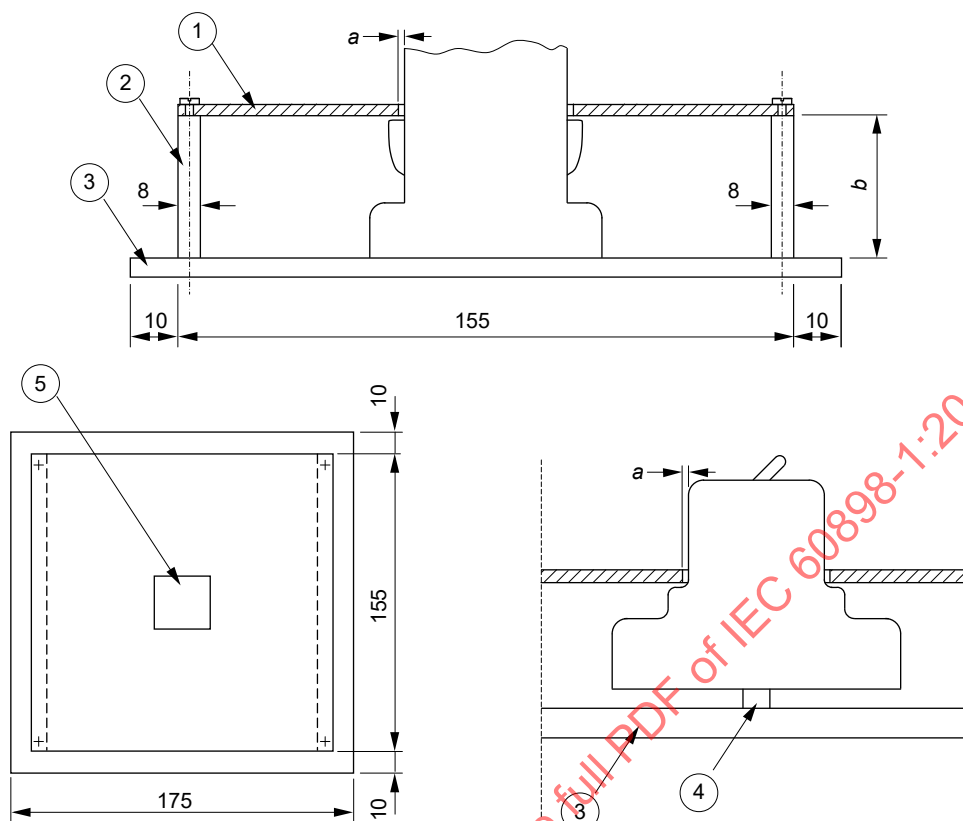


Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

Figure 11 – Mounting support for mechanical impact test (9.13.2)

Dimensions in millimetres



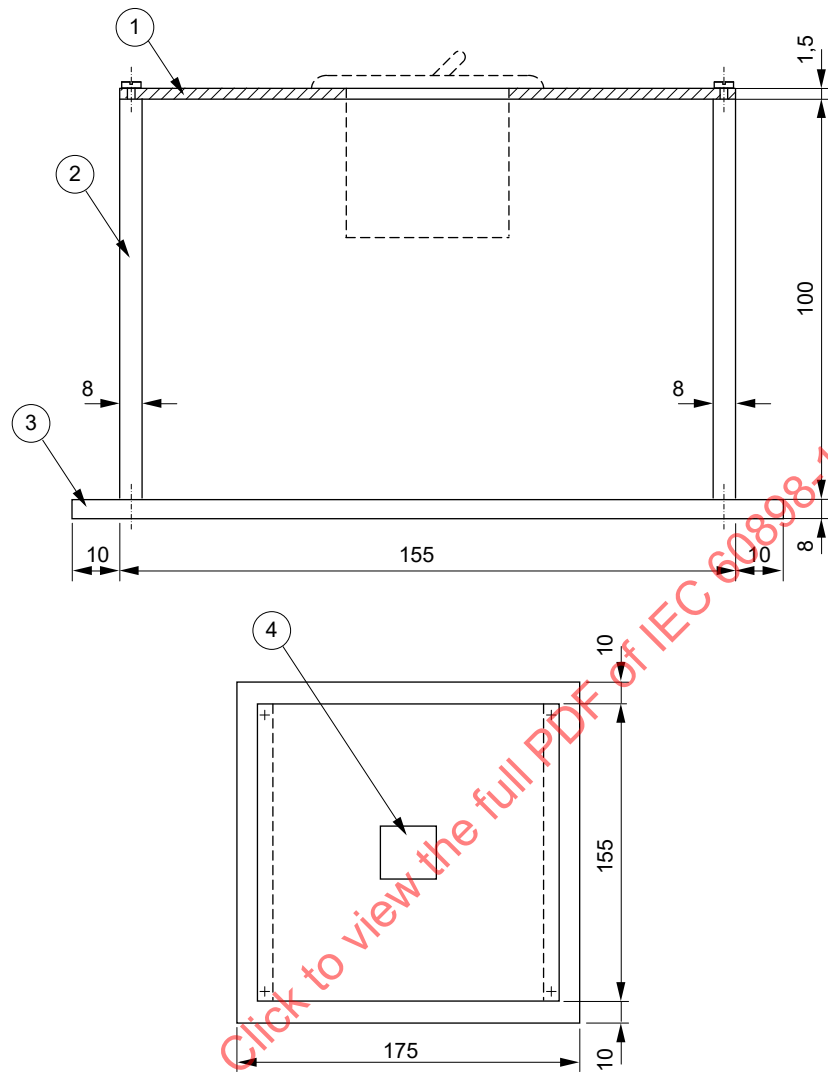
IEC

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
 - 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
 - 3 Mounting plate
 - 4 Rail for circuit-breakers designed for rail mounting
 - 5 Cut-out for the circuit-breaker in the steel plate
- a* the distance between the edges of the cut-out and the faces of the circuit-breaker shall be between 1 mm and 2 mm
- b* the height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the circuit-breaker or, if the circuit-breaker has no such support, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to be on the underside of the steel, is 8 mm.

Figure 12 – Example of mounting for a rear fixed circuit-breaker for mechanical impact test (9.13.2)

Dimensions in millimetres



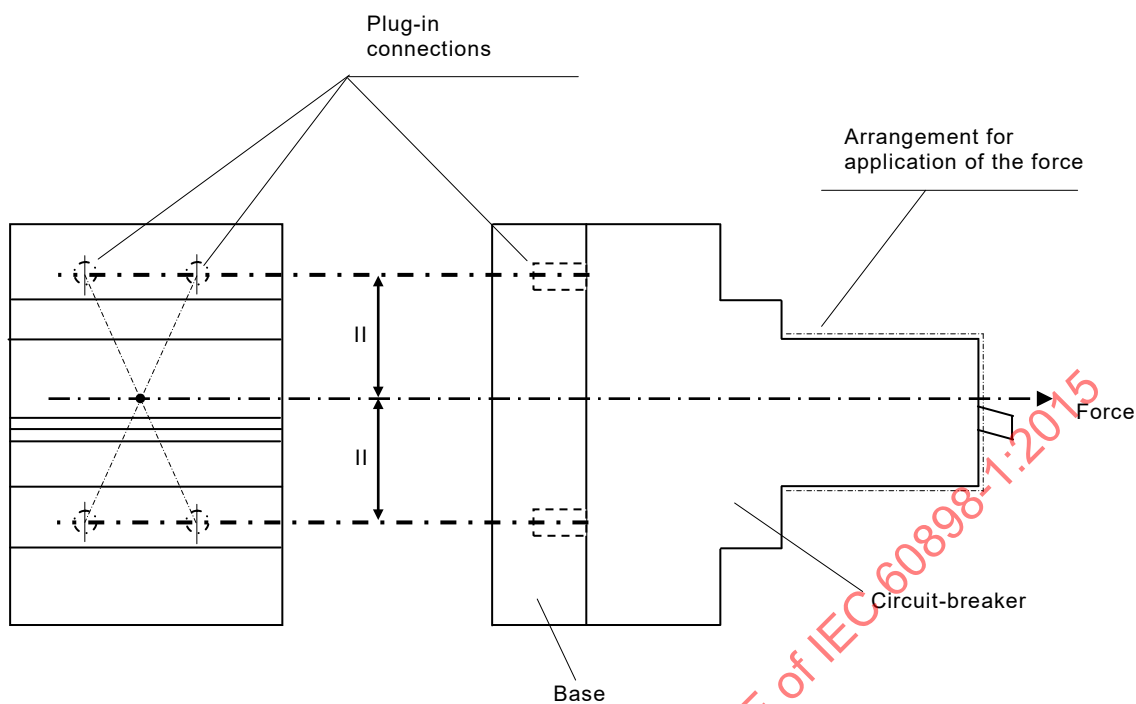
IEC

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the circuit-breaker in the steel plate

NOTE In particular cases the dimensions can be increased.

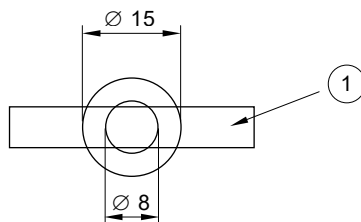
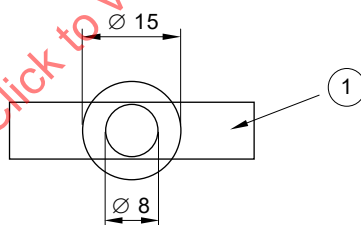
Figure 13 – Example of mounting of a panel board type circuit-breaker for mechanical impact test (9.13.2)



IEC

Figure 16 – Example of application of force for mechanical test on two-pole plug-in circuit-breaker, the holding in position of which depends solely on the plug-in connections (9.13.2.5)

Dimensions in millimetres



IEC

Key

1 Sample

Figure 17 – Diagrammatic representation (9.15)

Annex A (informative)

Determination of short-circuit power factor

A.1 General

There is no method by which the short-circuit power factor can be determined with precision, but for the purpose of the present standard the power factor of the test circuit may be determined by one of the following methods:

A.2 Method 1 – Determination from d.c. component

The angle φ may be determined from the curve of the d.c. component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

a) The formula for the d.c. component is:

$$i_d = I_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where:

- i_d is the value of the d.c. component at the instant t ;
- I_{do} is the value of the d.c. component at the instant taken as time origin;
- L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;
- t is the time, in seconds, taken from the initial instant;
- e is the base of Napierian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- measure the value of I_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before contact separation;
- determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by I_{do} ;
- from a table of values of e^{-x} , determine the value of $-x$ corresponding to the ratio i_d / I_{do} ;
- the value x represents Rt/L , from which L/R is obtained.

b) Determine the angle φ from:

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

A.3 Method 2 – 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.

Annex B

(normative)

Determination of clearances and creepage distances

B.1 General

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

B.2 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances be not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

B.3 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

B.4 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in IEC 60664-1:2007, 6.2 (see also Example 11 in Figure B.1).

B.5 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

Requirements for arc chambers are covered by Table 4 item j).

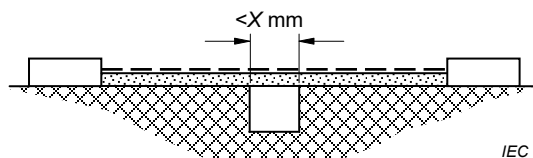
If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in Figure B.1. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation. The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);

- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

Example 1

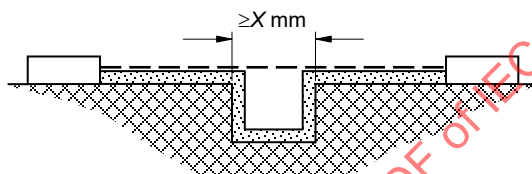


IEC

Condition: Path under consideration 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.

Example 2

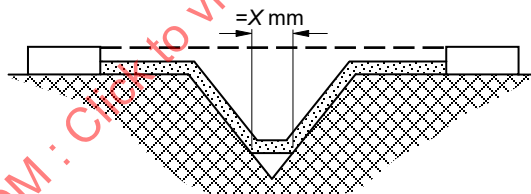


IEC

Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with a width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

Example 3

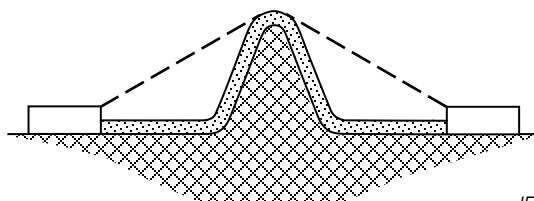


IEC

Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

Example 4



IEC

Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

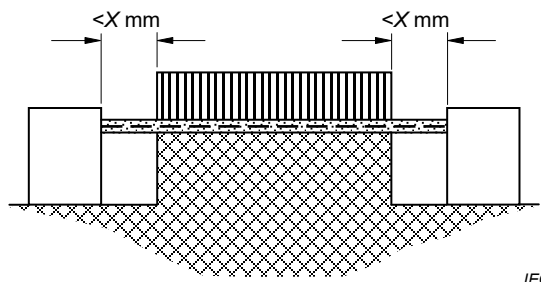


Clearance



Creepage distance

Example 5

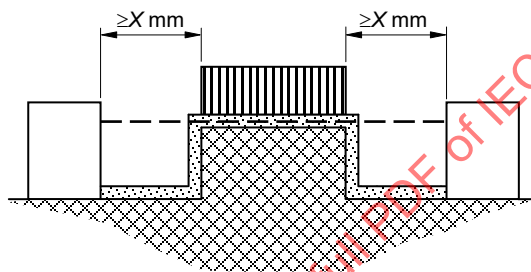


IEC

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

Example 6

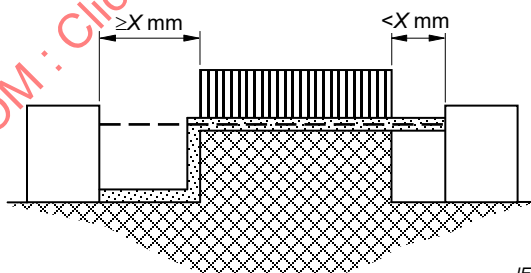


IEC

Condition: Path under consideration 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 path follows the contour of the grooves.

Example 7



IEC

Condition: Path under consideration 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.

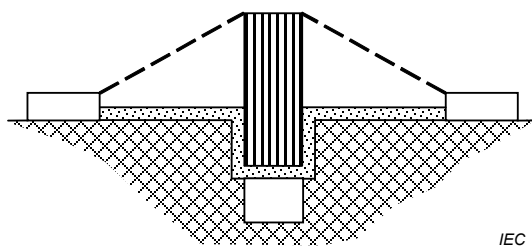
Rule: Clearance and creepage paths area as shown.



Clearance



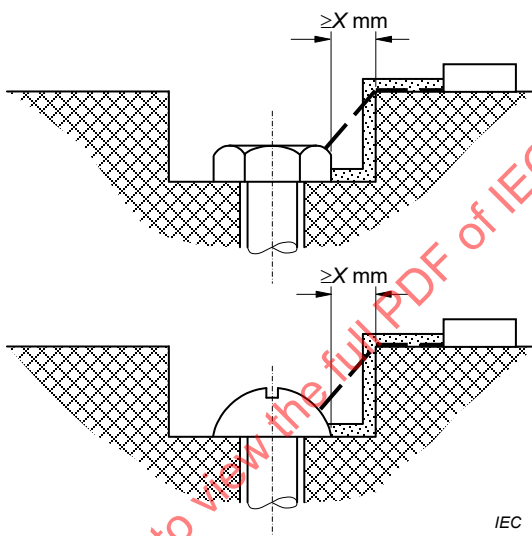
Creepage distance

Example 8

IEC

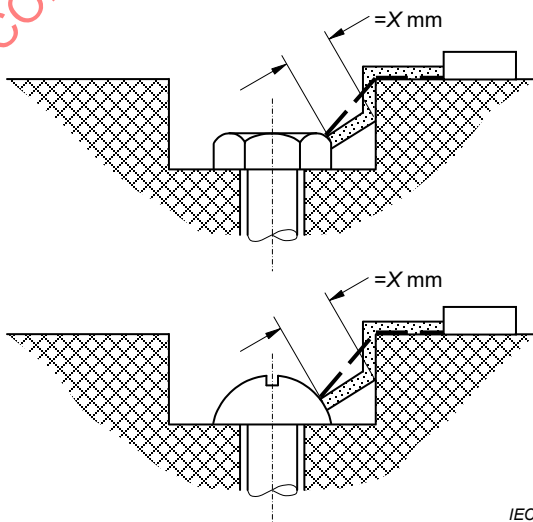
Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9

IEC

Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10

IEC

Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

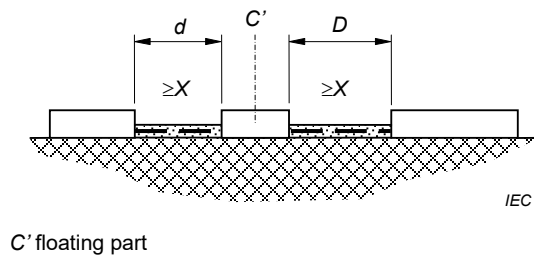


Clearance



Creepage distance

Example 11



Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$

— — — Clearance

..... Creepage distance

Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Annex C

(normative)

Test sequences and number of samples

C.1 Test sequences

The tests are made according to Table C.1 where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Table C.1 – Test sequences

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁		6	Marking
		8.1.1	General
		8.1.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.1.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
		8.1.6	Non-interchangeability
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of screw-type terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		8.1.3	Clearances and creepage distances (internal parts only)
		9.14	Resistance to heat
		9.16	Resistance to rusting
A ₂		9.15	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7.5.4	Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.1	Resistance to humidity
		9.7.2	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.3	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuit
		9.7.5.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.9	28-day test
C	C ₁	9.11	Mechanical and electrical endurance
		9.12.11.2.1	Performance at reduced short-circuit currents
		9.12.12	Verification of the circuit-breaker after short-circuit tests
	C ₂	9.12.11.2.2	Short-circuit test for verifying the suitability of circuit-breakers for use in IT systems
9.12.12		Verification of the circuit-breaker after short-circuit tests	
D	D ₀	9.10	Tripping characteristic
		9.13	Resistance to mechanical shock and impact
	D ₁	9.12.11.3 and 9.12.12	Short-circuit performance at 1 500 A
		9.12.12	Verification of circuit-breaker after short-circuit tests
E	E ₁	9.12.11.4.2 and 9.12.12	Service short-circuit capacity (I_{cs})
		9.12.12	Verification of circuit-breaker after short-circuit tests
	E ₂	9.12.11.4.3 and 9.12.12	Performance at rated short-circuit capacity (I_{cn})
		9.12.12	Verification of circuit-breaker after short-circuit tests
	E ₃	9.12.11.4.4 and 9.12.12	Performance at rated making and breaking capacity (I_{cn1}) on an individual pole of multipole circuit-breakers
		9.12.12	Verification of circuit-breaker after short-circuit tests
NOTE With the agreement of the manufacturer the same samples can be used for more than one test sequence.			

C.2 Number of samples to be submitted for full test procedure and acceptance criteria

If only one rating (i.e. one set of rated quantities, see 5.2) of one type (number of poles, instantaneous tripping) of circuit-breaker is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test sequences are those indicated in Table C.2 in which the acceptance criteria are given.

If all the samples submitted according to the second column of Table C.2 pass the tests, compliance with the standard is met. If only the minimum number given in the third column passes the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and shall satisfactorily complete the test sequence.

For circuit-breakers having more than one rated current, two separate sets of circuit-breakers shall be submitted to each test sequence: one set adjusted at the maximum rated current, the other set at the minimum rated current. In addition one sample of all other rated currents shall be submitted for test sequence D₀ of Table C.1.

Table C.2 – Number of samples for full test procedure

Test sequence		Number of samples	Minimum number of samples which shall pass the tests ^{a,b}	Number of samples for repeated tests ^c
A ₁		1	1	–
A ₂		3	2	3
B		3	2	3
C	C ₁	3	2 ^e	3
	C ₂ ^f	3	2 ^e	3
D		3	2 ^e	3
E ₁		3 + 3 ^d	2 ^e + 2 ^{d,e}	3 + 3 ^d
E ₂		3 + 4 ^d	2 ^e + 3 ^{d,e}	3 + 4 ^d
E ₃		3	2 ^e	3

^a In total, a maximum of two test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all results shall be acceptable.

^d Supplementary samples in the case of single-pole circuit-breakers rated 230/400 V or 240/415 V (see Table 1).

^e All samples shall meet the test requirements of 9.12.10, 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4, as appropriate.

^f For this sequence read "number of protected poles" instead of "number of samples".

C.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedure

C.3.1 This part of the standard applies when submitting simultaneously a range of circuit-breakers of the same fundamental design.

C.3.2 For a series of circuit-breakers of the same fundamental design, the number of samples to be tested may be reduced according to C.3.3 and C.3.4.

For subsequent additions (e.g. further values of rated currents, different classification of instantaneous tripping, different number of poles) to such a series of circuit-breakers the same reductions apply.

NOTE When a series of circuit-breakers presenting minor variations with respect to an already approved series of circuit-breakers is submitted to type tests, a further reduction of the number of samples and tests can be agreed upon.

Circuit-breakers can be considered to be of the same fundamental design if the following conditions are met:

- they have the same basic design;
- they have the same external physical dimensions per pole;
- the materials, finish and dimensions of the internal current carrying parts are identical, other than the variations given in a) below;
- the terminals are of similar design, (see d) below);
- the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- the manual operating mechanisms (materials and physical characteristics) are identical;
- the moulding and insulating materials are identical;
- the method, materials and construction of the arc extinction device are identical;
- the basic design of the overcurrent tripping device is identical, other than the variations given in b) below;
- the basic design of the instantaneous tripping device is identical, other than the variations given in c) below;
- their voltage rating is intended for the same type of distribution circuit (see Table 1);
- multipole circuit-breakers are either composed of single-pole circuit-breakers or built up from the same components as the single-pole circuit-breakers, having the same overall dimensions per pole, with the exception of external barriers between poles.

The following variations are permitted:

- a) cross-sectional areas of the internal current-carrying connections;
- b) dimensions and material of the overcurrent tripping device;
- c) number of turns and cross-sectional area of the operating coil of the instantaneous tripping device;
- d) dimensions of terminals.

C.3.3 For circuit-breakers having the same instantaneous tripping classification according to 4.6 the number of samples to be tested may be reduced, according to Table C.3.

Table C.3 – Reduction of samples for series of circuit-breakers having different numbers of poles

Test sequence		Number of samples depending on number of poles ^a			
		One pole ^b	Two poles ^c	Three poles ^d	Four poles ^e
A ₁		1 maximum rated current	1 maximum rated current ^{g, i}	1 maximum rated current ⁱ	1 maximum rated current ⁱ
A ₂		3 maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current
B		3 maximum rated current	3 maximum rated current ^g	3 maximum rated current	3 maximum rated current
C	C ₁	3 maximum rated current	3 maximum rated current ^g	3 maximum rated current	3 maximum rated current
	C ₂	3 maximum rated current	2 maximum rated current for 2 protected poles, or 3 maximum rated current for one protected pole	1 maximum rated current	1 maximum rated current
D ₀ + D ₁		3 maximum rated current	3 maximum rated current ^h	3 maximum rated current	3 maximum rated current
D ₀		1 of all other rated currents			
E ₁		3+3 ^f maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current
		3+3 ^f minimum rated current	3 minimum rated current	3 minimum rated current	3 minimum rated current
E ₂		3+4 ^f maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current	3 maximum rated current
		3+4 ^f minimum rated current	3 minimum rated current	3 minimum rated current	3 minimum rated current
E ₃	k		3 maximum rated current ^j	3 maximum rated current ^j	3 maximum rated current ^j
^a If a test is to be repeated according to the acceptance criteria of Clause C.2, a new set of samples is used for the relevant test sequence. In repeated tests all results shall be satisfactory. ^b If only multipole circuit-breakers are submitted, this column applies to the set of samples having the smallest number of poles (instead of the relevant column). ^c Applicable to two-pole circuit-breakers whether with two protected poles or with one protected pole. ^d This series is omitted when four-pole circuit-breakers are also tested. ^e Also applicable to circuit-breakers with three protected poles and a neutral pole. ^f Supplementary samples in case of single-pole circuit-breakers of 9.12.11.4.2 d) or 9.12.11.4.3 b). ^g This test sequence is omitted when three-pole or four-pole circuit-breakers have been tested. ^h This test sequence shall be omitted for two-pole circuit breakers with two protected poles, when three-pole or four-pole circuit-breakers have been tested. ⁱ When multipole circuit-breakers are submitted, a maximum of four screw-type terminals for external conductors are subjected to the tests of 9.5, i.e. two supply and two load terminals. ^j If each pole of the multipole is identical to the individual pole tested in E₂, this test is omitted. If not, this test is carried out on an individual protected pole, taken at random, of the circuit-breaker with the highest number of poles. ^k Covered by test sequence E₂.					

C.3.4 For an additional series of circuit-breakers of the same fundamental design as described in C.3.2 but of a different instantaneous tripping classification according to 4.6 the test sequences to be applied may be limited to those given in Table C.4, the number of samples being those given in Table C.3.

**Table C.4 – Test sequences for a series of circuit-breakers
being of different instantaneous tripping classifications**

Circuit-breaker type- tested first	Subsequent test sequences for circuit-breakers of		
	B-type	C-type	D-type
B-type	–	$(D_0 + D_1) + E$	$(D_0 + D_1) + E$
C-type	$D_0^a + B^a$		$(D_0 + D_1) + E$
D-type	$D_0^a + B^a$	$D_0^a + B^{a\ b}$	–
^a For these test sequences only the tests of 9.8 and 9.10.3 are required. ^b When conformity assessment is requested at the same time for B-type, C-type and D-type circuit-breakers having the same rated short-circuit capacity, only test sequence D_0 is required if B-type and D-type samples have been tested.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Annex D (informative)

Co-ordination under short-circuit conditions between a circuit-breaker and another short-circuit protective device (SCPD) associated in the same circuit

D.1 General

To ensure co-ordination under short-circuit conditions between a circuit-breaker (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 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 D.1, or another circuit-breaker (C_2) (see Figures D.2 and D.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 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 C_1 or just an individual circuit-breaker.

For such applications the user or specifying authority may have to decide, on the basis of a desk study alone, how the optimum level of co-ordination may best be achieved. This Annex D is intended to give guidance for this decision, and also on the type of information which the circuit-breaker manufacturer should make available to the prospective user.

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 3.5.14.2 and also 3.5.14.4 and 3.5.14.5) as well as consideration of back-up protection (see 3.5.14.3).

Consideration of selectivity can in general be carried out by desk study (see Clause D.5) whereas the verification of back-up protection normally requires the use of tests (see Clause D.6).

When considering short-circuit breaking capacity, reference is made to the rated short-circuit capacity (I_{cn}) of C_1 and C_2 when both are circuit-breakers according to IEC 60898-1, and to the ultimate short-circuit breaking capacity (I_{cu}) of C_2 , when C_2 is a circuit-breaker according to IEC 60947-2.

D.2 Overview

This Annex D gives guidance on and requirements for the co-ordination of a circuit-breaker with other SCPDs associated in the same circuit, as regards selectivity as well as back-up protection.

The object of this Annex D is to state

- the general requirements for the co-ordination of a circuit-breaker with another SCPD;
- the methods and the tests (if deemed necessary) intended to verify that the conditions for co-ordination have been met.

D.3 General requirements for the co-ordination of a circuit-breaker with another SCPD

D.3.1 General consideration

Ideally, the co-ordination should be such that a circuit-breaker (C_1) alone will operate at all values of overcurrent up to the limit of its rated short-circuit capacity I_{cn} .

NOTE If the value of the prospective fault current at the point of installation is less than the rated short-circuit capacity of C_1 , it can be assumed that the SCPD is only in the circuit for considerations other than that of back-up protection.

In practice the following considerations apply:

- a) if the value of the selectivity limit current I_s (see 3.5.14.6) 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 short-circuit capacity of C_1 , the SCPD shall be so selected that the behaviour of C_1 is in accordance with D.3.3 and the take-over current I_B (see 3.5.14.7), if any, complies with the requirements of D.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.

D.3.2 Take-over current

For the purpose of back-up protection the take-over current I_B shall not exceed the rated short-circuit capacity I_{cn} of C_1 alone (see Figure D.3a).

D.3.3 Behaviour of C_1 in association with another SCPD

For all values of overcurrent up to and including the short-circuit capacity of the association, C_1 and the association shall comply with the requirements of 8.8.

D.4 Type and characteristics of the associated SCPD

On request, the manufacturer of the circuit-breaker 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 D, 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 I_{nc} (see 3.5.14.8) shall not exceed

- the rated ultimate breaking capacity of the SCPD, if this is a circuit-breaker according to IEC 60947-2;
- the rated short-circuit capacity, if the SCPD is a circuit-breaker according to this standard;
- the rated short-circuit breaking capacity, if the SCPD is a fuse.

If the associated SCPD is a circuit-breaker, it shall meet the requirements of this standard, or any other relevant standard.

If the associated SCPD is a fuse, it shall be in accordance with IEC 60269 series or with any other fuse standard.

D.5 Verification of selectivity

Selectivity can normally be considered by desk study alone, i.e. by a comparison of the operating characteristics of C_1 and the associated SCPD, for example when the associated SCPD is a circuit-breaker (C_2) provided with an intentional time-delay.

The manufacturers of both the C_1 and the SCPD shall provide adequate data concerning the relevant operating characteristics as to permit I_s to be determined for each individual association.

In certain cases, tests at I_s are necessary on the association, 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 the desired selectivity when the associated SCPD is a circuit-breaker, an intentional short-time delay may be necessary for C_2 .

Selectivity may be partial (see Figure D.3a) or total up to the rated short-circuit capacity I_{cn} of C_1 . For total selectivity, the non-tripping characteristic of C_2 or the pre-arcing characteristic of the fuse shall lie above the tripping (break time) characteristic of C_1 .

Two illustrations of total selectivity are given in Figures D.2a and D.2b.

D.6 Verification of back-up protection

D.6.1 Determination of the take-over current

Compliance with the requirements of D.3.2 can be checked by comparing the operating characteristics of C_1 with those of the associated SCPD for all settings (if any) of C_2 .

D.6.2 Verification of back-up protection

D.6.2.1 Verification by tests

Compliance with the requirements of D.3.3 is normally verified by tests in accordance with D.6.3. In this case, all conditions for the tests shall be as specified in 9.12.11.4.3 with the adjustable resistors and inductors for the short-circuit tests on the supply side of the association.

NOTE An example of a test circuit is shown in Figure 3.

D.6.2.2 Verification by comparison of characteristics

In some practical cases and where the SCPD is a circuit-breaker (see Figure D.3a and D.3b), it may be possible 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_{cn} and that of SCPD at the prospective current of the association;

- the effects on C_1 (e.g. by arc energy, 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 operating I^2t characteristic of the SCPD, over the range from the rated short-circuit capacity I_{cn} 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 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 to I_{cn} of C_1 .

D.6.3 Tests for verification of back-up protection

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 maximum 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 9.12.4 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.

Each test shall consist of a O-t-CO sequence of operation made in accordance with 9.12.11.4.3 at I_{cn} , 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 current (see 3.5.14.9).

A further test shall be made at a value of prospective current equal to the rated short-circuit breaking capacity I_{cn} 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 in which back-up protection only is provided.

- 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.

This requires that the contacts of C_2 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 D.3a). The duration of interruption of supply, 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.

This requires that the contacts of C_2 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 interruption of supply, if any, shall be recorded during these tests.

b) if the associated SCPD is a fuse (or a set of fuses) as declared by the manufacturer:

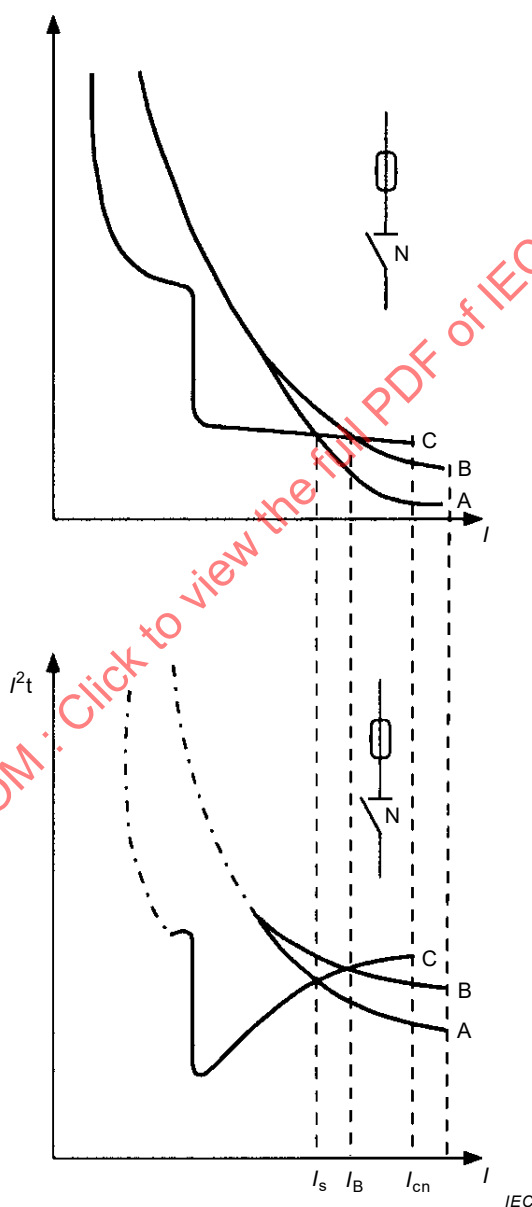
- for the test at the rated conditional short-circuit current
- in case of a single-phase circuit at least one fuse shall blow;

- in case of a multi-phase circuit either two or more fuses shall blow, or one fuse shall blow and C_1 shall trip;
- for the test at the rated short-circuit breaking capacity C_1 shall trip and at least one fuse shall blow.

D.6.4 Results to be obtained

Following the tests, C_1 shall comply with 9.12.12.2.

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.



Key

- I = Prospective short-circuit current
- I_{cn} = Rated short-circuit capacity (5.2.4)
- I_s = Selectivity limit current (3.5.14.5)
- I_B = Take-over current (3.5.14.7)

A = Pre-arcing characteristic of the fuse

B = Operating characteristic of the fuse

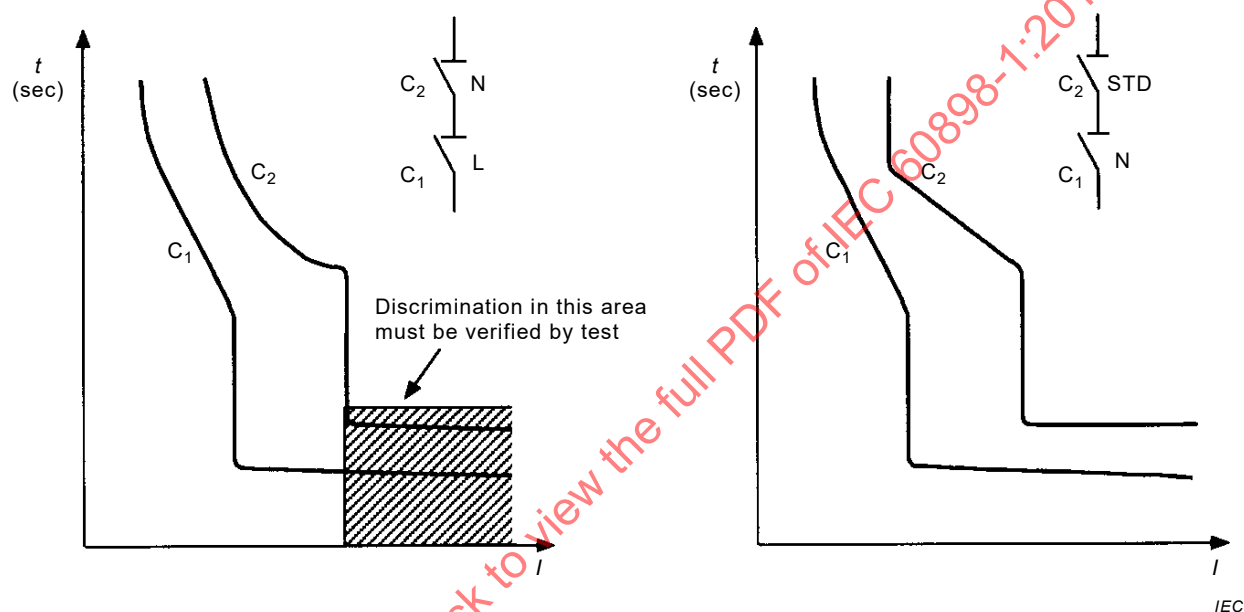
C = Operating characteristic of the circuit-breaker, non-current-limiting (N) (break-time/current and I^2t /current)

NOTE 1 A is deemed to be the lower limit; B and C are deemed to be the upper limits.

NOTE 2 Non-adiabatic zone for I^2t shown chain-dotted.

NOTE 3 Reproduced from IEC 60947-2: 2006 Figure A.1.

Figure D.1 – Overcurrent co-ordination between a circuit-breaker and a fuse or back-up protection by a fuse – Operating characteristics



Key

C₁ = Current-limiting circuit-breaker (L)
(break-time characteristic)

C₂ = Non-current-limiting circuit breaker (N)
(tripping characteristic)

NOTE Values of I_{cn} are not shown.

C₁ = Non-current-limiting circuit-breaker (N)
(break-time characteristic)

C₂ = Circuit-breaker with intentional short-time
delay (STD) (tripping characteristic)

Figure D.2a

Figure D.2b

Figure D.2 – Total selectivity between two circuit-breakers

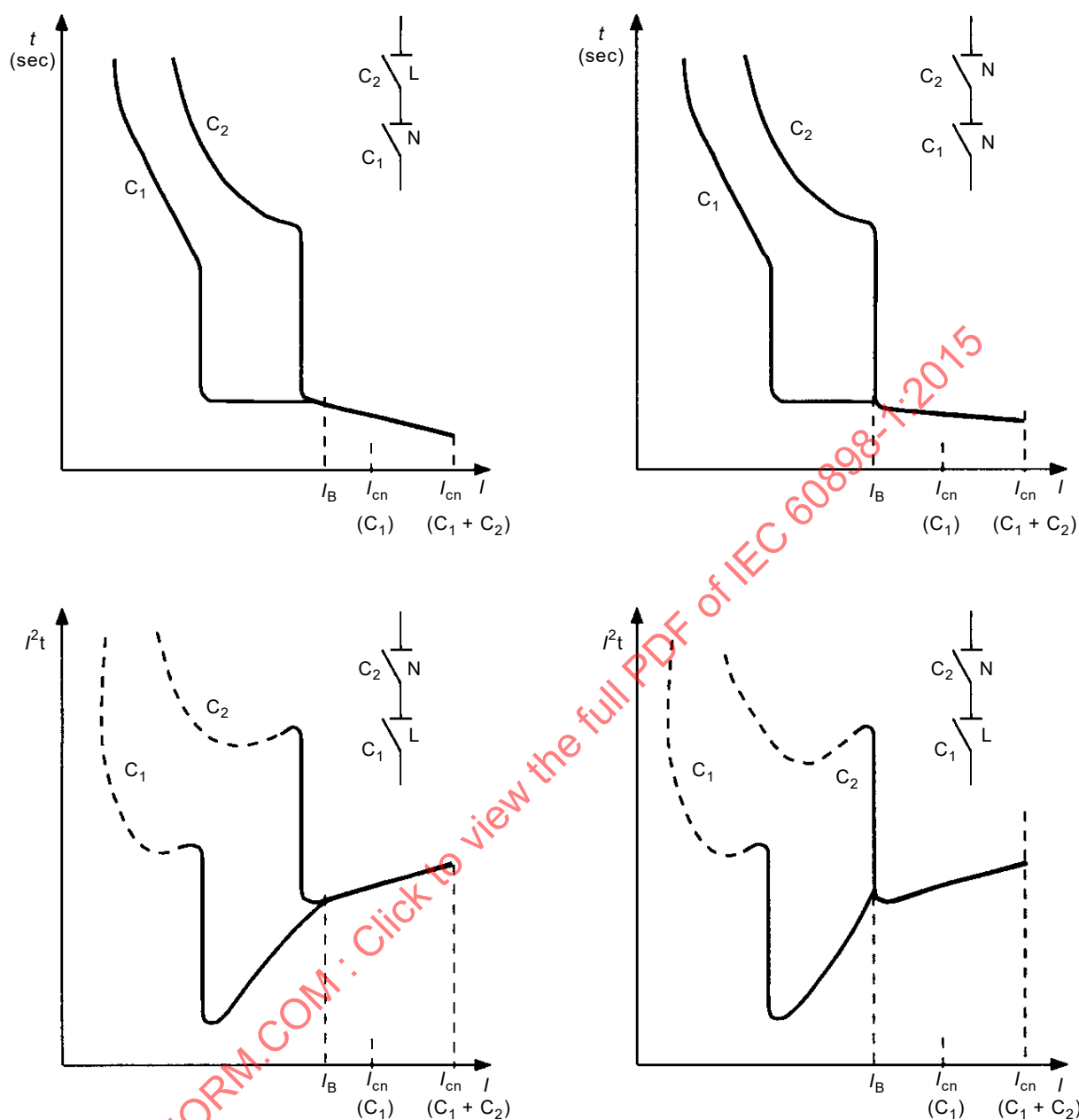


Figure D.3a

Figure D.3b

IEC

KeyC₁ = Non current-limiting circuit-breaker (N)C₁, C₂ = Non current-limiting circuit-breaker (N)C₂ = Current-limiting circuit breaker (L) I_B = Take-over currentNOTE 1 Where applicable, restoration of supply by C₂ occurs.NOTE 2 $I_{cn}(C_1 + C_2) \leq I_{cn}(C_2)$.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 D.3 – Back-up protection by a circuit-breaker – Operating characteristics**

Annex E (normative)

Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage

NOTE This Annex specifies which subclauses in this standard need to be modified in order to comply with special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage.

8.1.3 Clearances and creepage distances

Add the following note to Table 4:

NOTE 4 Live parts in auxiliary circuits intended to be connected to safety extra-low voltages shall be separated from circuits with higher voltages in accordance with the requirements of 411.3.3 of IEC 60364-4-41:2005.

9.7.4 Dielectric strength of the auxiliary circuits

Add the following note:

NOTE A test for circuits intended for connection to safety extra-low voltage is under consideration.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Annex F (informative)

Examples of terminals

In Figures F.1 to F.4 examples of designs of terminals are given. The conductor location shall have a diameter suitable for accepting solid rigid conductors and a cross-sectional area suitable for accepting rigid stranded conductors (see 8.1.5).

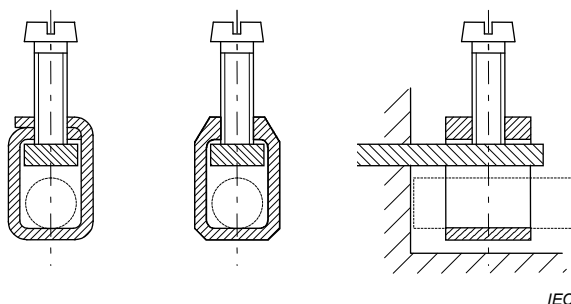


Figure F.1a – Terminals with stirrup

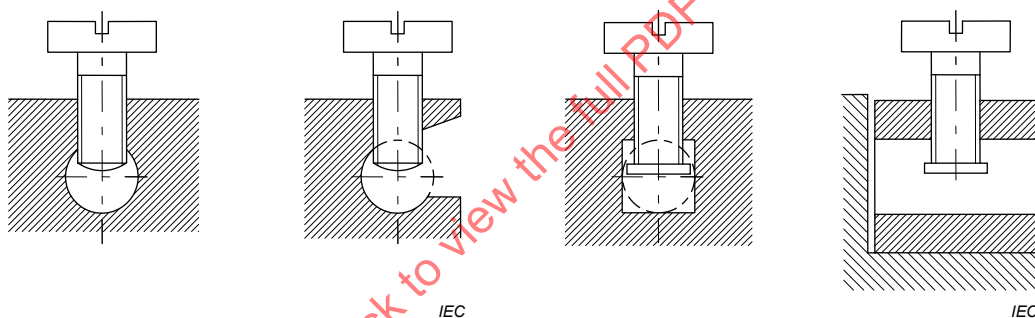


Figure F.1b – Terminals without
pressure plate

Figure F.1c – Terminals with
pressure plate

The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw may be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure F.1 – Examples of pillar terminals

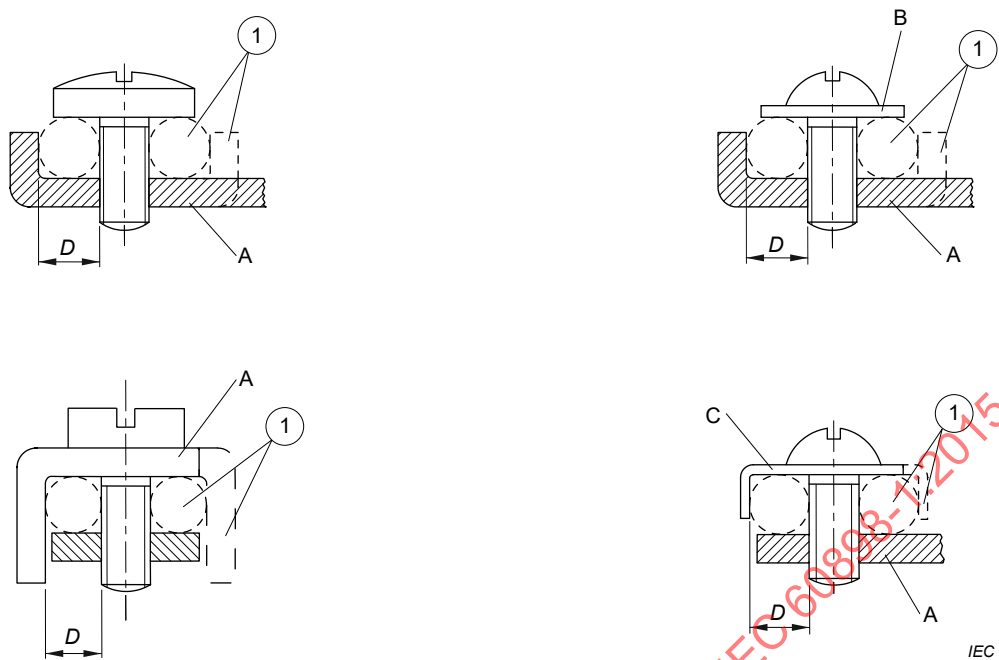


Figure F.2a – Screw terminals

Screw not requiring washer or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate or anti-spread device



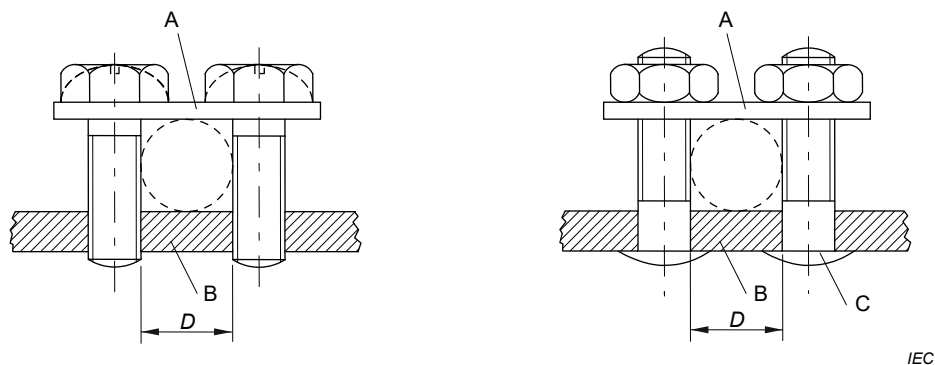
Figure F.2b – Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position may be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure F.2 – Examples of screw terminals and stud terminals



IEC

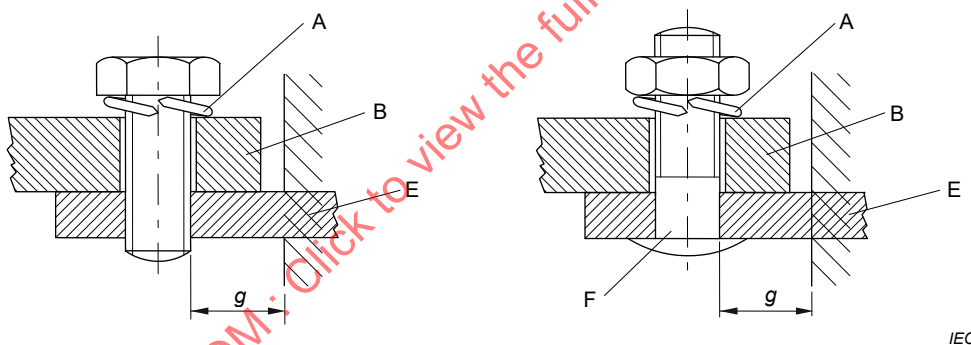
Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle may be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle.

The terminals may have more than two clamping screws or studs.

Figure F.3 – Examples of saddle terminals



IEC

Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

For this type of terminal, a spring washer or equally effective locking means shall be provided and the surface within the clamping area shall be smooth.

For certain types of equipment, the use of lug terminals of sizes smaller than that required is allowed.

Figure F.4 – Examples of lug terminals

Annex G

(informative)

Correspondence between ISO and AWG copper conductors

ISO size mm ²	AWG	
	Size	Cross-section mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

NOTE In general ISO sizes apply. Upon request of the manufacturer AWG sizes may be used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Annex H (normative)

Arrangement for short-circuit test

The device under test is mounted as shown in Figure H.1 which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instruction.

When required (i.e. during O operations), a clear polyethylene foil ($0,05 \pm 0,01$) mm, of a size at least 50 mm larger in each direction, than the overall dimensions of the front face of the device, but not less than 200×200 mm, is fixed and reasonably stretched in a frame, placed at a distance of 10 mm from

- either the maximum projection of the operating means of a device without recess for the operating means;
- or the rim of a recess for the operating means of a device with recess for the operating means.

The foil should have the following physical properties:

- density at 23 °C: ($0,92 \pm 0,05$) g/cm³;
- melting point: (110 to 120) °C.

When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in Figure H.1, between the arc vent and the polyethylene foil to prevent damage of the foil due to hot particles emitted from the arc vent.

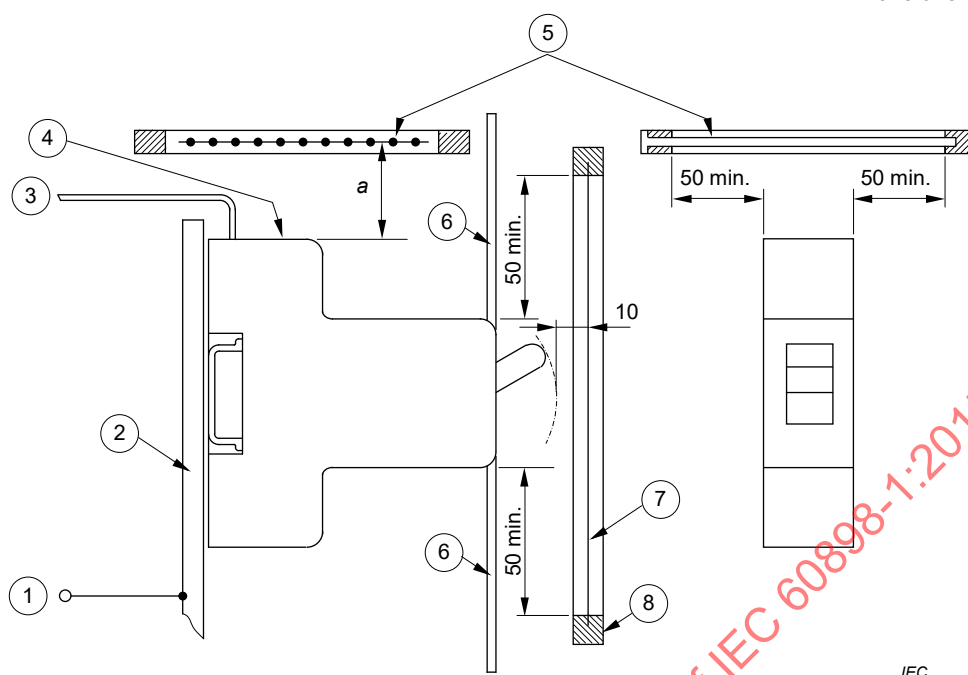
When required, a grid, (or grids) according to Figure H.2 is (are) placed at a distance of "a" (mm) from each arc vent of the device.

The grid circuit (see Figure H.3) shall be connected to the points B or C or C', as applicable (see Figure 3 and 4).

The parameters for the grid circuit(s) are as follows:

- resistor R': 1,5 Ω;
- copper wire F': length 50 mm and diameter as specified in 9.12.9.2.

Dimensions in millimetres

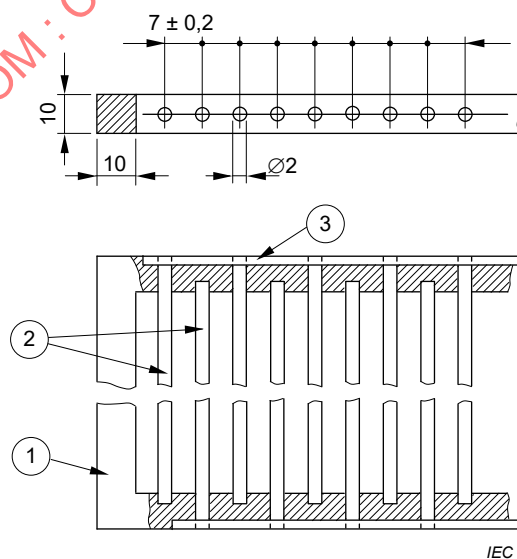


Key

- 1 To the fuse F
- 2 Metal plate
- 3 Cable
- 4 Arc vent
- 5 Grid
- 6 Barrier
- 7 Polyethylene sheet
- 8 Frame

Figure H.1 – Test arrangement

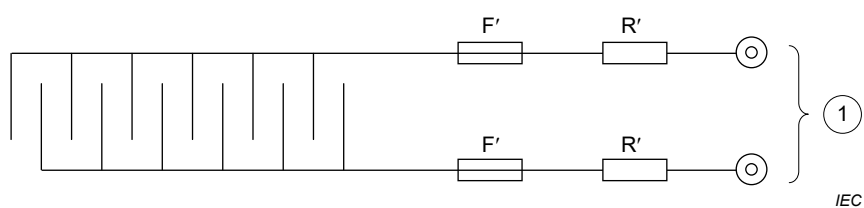
Dimension in millimetres



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure H.2 – Grid circuit

**Key**

1 Connected to points B and C

Figure H.3 – Grid circuit

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

Annex I (normative)

Routine tests

I.1 General

The tests specified in this Annex I are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture.

Further tests may have to be made, according to the experience gained by the manufacturer, to ensure that every circuit-breaker is in conformity with the samples which passed the tests of this standard.

I.2 Tripping tests

Tripping test shall be verified according to a) and b).

a) Verification of the time-current characteristic

A current of any convenient value between the conventional tripping current and the lower value of the range of instantaneous tripping of Table 2 (according to the tripping characteristic of the circuit-breaker: B, C or D) is passed separately through each protected pole starting from cold.

The circuit-breaker shall trip within a time corresponding to a point, selected by the manufacturer, situated between the limiting times of the tripping characteristic.

b) Verification of the instantaneous tripping

The test is carried out at any convenient voltage without blocking the operating mean in the closed position. The test may be carried out on each protected pole separately

I.3 Verification of clearances between open contacts

With the circuit-breaker in the open position a voltage of substantially sine-wave form of 1 500 V, having a frequency of 50 Hz or 60 Hz, is applied for 1 s between the terminals which are electrically connected together when the circuit-breaker is in the closed position.

No flashover or breakdown shall occur.

Alternatively any convenient method of verification of the clearances between open contacts (e.g. X-ray verification) may be used.

Annex J (normative)

Particular requirements for circuit-breakers with screwless type terminals for external copper conductors

NOTE This annex supplements or modifies the corresponding clauses in this standard. Where this annex states "addition", "modification" or "replacement", the relevant requirements, test specifications or explanatory matter in this standard should be adapted accordingly.

J.1 Scope

This Annex J applies to circuit-breakers within the scope of this standard, equipped with screwless terminals, for current not exceeding 20 A primarily suitable for connecting unprepared (see J.3.6) copper conductors of cross-section up to 4 mm².

NOTE In AT, CZ, DK, NL, NO and CH the upper limit of current for use of screwless terminals is 16 A.

In this Annex J, screwless terminals are referred to as terminals and copper conductors are referred to as conductors.

J.2 Normative references

Clause 2 applies.

J.3 Terms and definitions

Clause 3 applies with the following exceptions:

Additional terms and definitions:

J.3.1 clamping units

parts of the terminal necessary for mechanical clamping and the electrical connection of the conductors including the parts which are necessary to ensure correct contact pressure

J.3.2 screwless-type terminal

terminal for the connection and subsequent disconnection obtained directly or indirectly by means of springs, wedges or the like

Note 1 to entry: Examples are given in Figure J.2.

J.3.3 universal terminal

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (rigid and flexible)

Note 1 to entry: In the following countries only universal screwless type terminals are accepted: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE and CH.

J.3.4 non-universal terminal

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only (e.g. rigid-solid conductors only or rigid-[solid or stranded] conductors only)

J.3.5

push-wire terminal

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

J.3.6

unprepared conductor

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

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

Note 2 to entry: The term "unprepared conductor" means conductor not prepared by soldering of the wire, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but includes its reshaping before introduction into the terminal or, in the case of flexible conductor, by twisting it to consolidate the end.

J.4 Classification

Clause 4 applies.

J.5 Characteristics of circuit-breakers

Clause 5 applies.

J.6 Marking

Clause 6 applies with the following exceptions:

Additional requirements:

Universal terminals:

- no marking.

Non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors shall be marked by the letters "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors shall be marked by the letter "r";
- terminals declared for flexible conductors shall be marked by the letter "f".

The markings should appear on the circuit-breaker or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information .

An appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal shall be shown on the circuit-breaker.

The manufacturer shall also provide information, in his literature, on the maximum number of conductors which may be clamped.

J.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 applies.

J.8 Constructional requirements

Clause 8 applies, with the following exceptions.

In 8.1.5 only 8.1.5.1, 8.1.5.2, 8.1.5.3, 8.1.5.6 and 8.1.5.7 apply.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2 of this Annex J, instead of 9.4 and 9.5.

Additional subclauses:

J.8.1 Connection or disconnection of conductors

The connection or disconnection of conductors shall be made

- by the use of a general purpose tool or by a convenient device integral with the terminal to open it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductors (e.g. for universal terminals);

or, for rigid conductors

- by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull on the conductor shall be necessary (e.g. for push-wire terminals).

Universal terminals shall accept rigid (solid or stranded) and flexible unprepared conductors.

Non-universal terminals shall accept the types of conductors declared by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.2 Dimensions of connectable conductors

The dimensions of connectable conductors are given in Table J.1.

The ability to connect these conductors shall be checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

Table J.1 – Connectable conductors

Connectable conductors and their theoretical diameter									
Metric					AWG				
Rigid			Flexible		Rigid			Flexible	
	Solid	Stranded				Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes I, K, M, stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70

NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on Table 1 of IEC 60228:2004, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, and ICEA publications S-19-81, S-66-524 and S-68-516.

^a Nominal diameter + 5 %.

^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K and M.

J.8.3 Connectable cross-sectional areas

The nominal cross-sections to be clamped are defined in Table J.2.

Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals

Rated current A	Nominal cross-sections to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 up to and including 2,5
Above 13 up to and including 20	1,5 up to and including 4

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.4 Insertion and disconnection of conductors

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by inspection.

J.8.5 Design and construction of terminals

Terminals shall be so designed and constructed that:

- each conductor is clamped individually;
- during the operation of connection or disconnection the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- inadequate insertion of the conductor is avoided.

It shall be possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided for.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.6 Resistance to ageing

The terminals shall be resistant to ageing.

Compliance is checked by the test of J.9.3.

J.9 Tests

Clause 9 applies with the following exceptions:

Replacement of 9.4 and 9.5 by the following new subclauses:

J.9.1 Test of reliability of screwless terminals

J.9.1.1 Reliability of screwless system

The test is carried out on three terminals of poles of new samples, with copper conductors of the rated cross sectional area in accordance with Table J.2. The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

The connection and subsequent disconnection shall be made five times with the smallest diameter conductor and successively five times with the largest diameter conductor.

New conductors shall be used each time, except for the fifth time, when the conductor used for the fourth insertion is clamped at the same place. Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors shall be re-shaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

For each insertion, the conductors are either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After each insertion, the conductor being inserted is rotated 90° along its axis at the level of the clamped section and subsequently disconnected.

After these tests, the terminal shall not be damaged in such a way as to impair its further use.

J.9.1.2 Test of reliability of connection

Three terminals of poles of new samples are fitted with new copper conductors of the type and of the rated cross sectional area according to Table J.2.

The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

It shall be possible to fit the conductor into the terminal without undue force in the case of universal terminals and with the force necessary by hand in the case of push-wire terminals.

The conductor is either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After the test, no wire of the conductor shall have escaped outside the terminal.

J.9.2 Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength

For the pull-out test three terminals of poles of new samples are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to Table J.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

Each conductor is then subjected to a pull force of the value shown in Table J.3. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

Table J.3 – Pull forces

Cross-sectional area mm ²	Pull force N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

During the test the conductor shall not slip out of the terminal.

J.9.3 Cycling test

The test is made with new copper conductors having cross section according to Table 10.

The test is carried out on new samples (a sample is one pole), the number of which is defined below, according to the type of terminals:

- universal terminals for rigid (solid and stranded) and flexible conductors: 3 samples each (6 samples in total);
- non-universal terminals for solid conductors only: 3 samples;
- non-universal for rigid (solid and stranded) conductors: 3 samples each (6 samples);

NOTE In case of rigid conductors, solid conductors should be used (if solid conductors are not available in a given country, stranded conductors can be used).

- non-universal for flexible conductors only: 3 samples.

The conductor is connected in series as in normal use to each of the three samples as defined on Figure J.1.

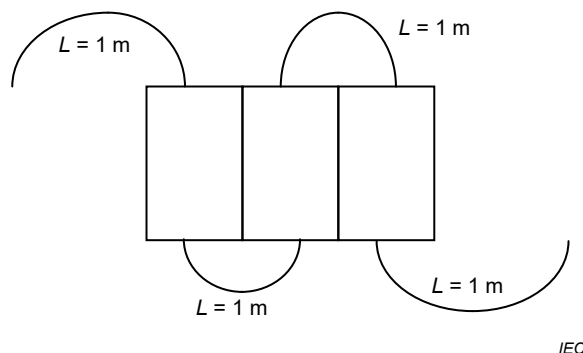


Figure J.1 – Connecting samples

The sample is provided with a hole (or equivalent) in order to measure the voltage drop on the terminal.

The whole test arrangement, including the conductors, is placed in a heating cabinet which is initially kept at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

To avoid any movement of the test arrangement until all the following voltage drop tests have been completed it is recommended that the poles are fixed on a common support.

Except during the cooling period, a test current corresponding to the rated current of the circuit breaker is applied to the circuit.

The samples shall be then subjected to 192 temperature cycles, each cycle having a duration of approximately 1 h, as follows:

The air temperature in the cabinet is raised to $40 ^\circ\text{C}$ in approximately 20 min. It is maintained within $\pm 5 ^\circ\text{C}$ of this value for approximately 10 min.

The samples are then allowed to cool down in approximately 20 min to a temperature of approximately $30 ^\circ\text{C}$, forced cooling being allowed. They are kept at this temperature for approximately 10 min and, if necessary for measuring the voltage drop, allowed to cool down further, to a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

The maximum voltage drop, measured at each terminal, at the end of the 192nd cycle, with the nominal current shall not exceed the smaller of the two following values:

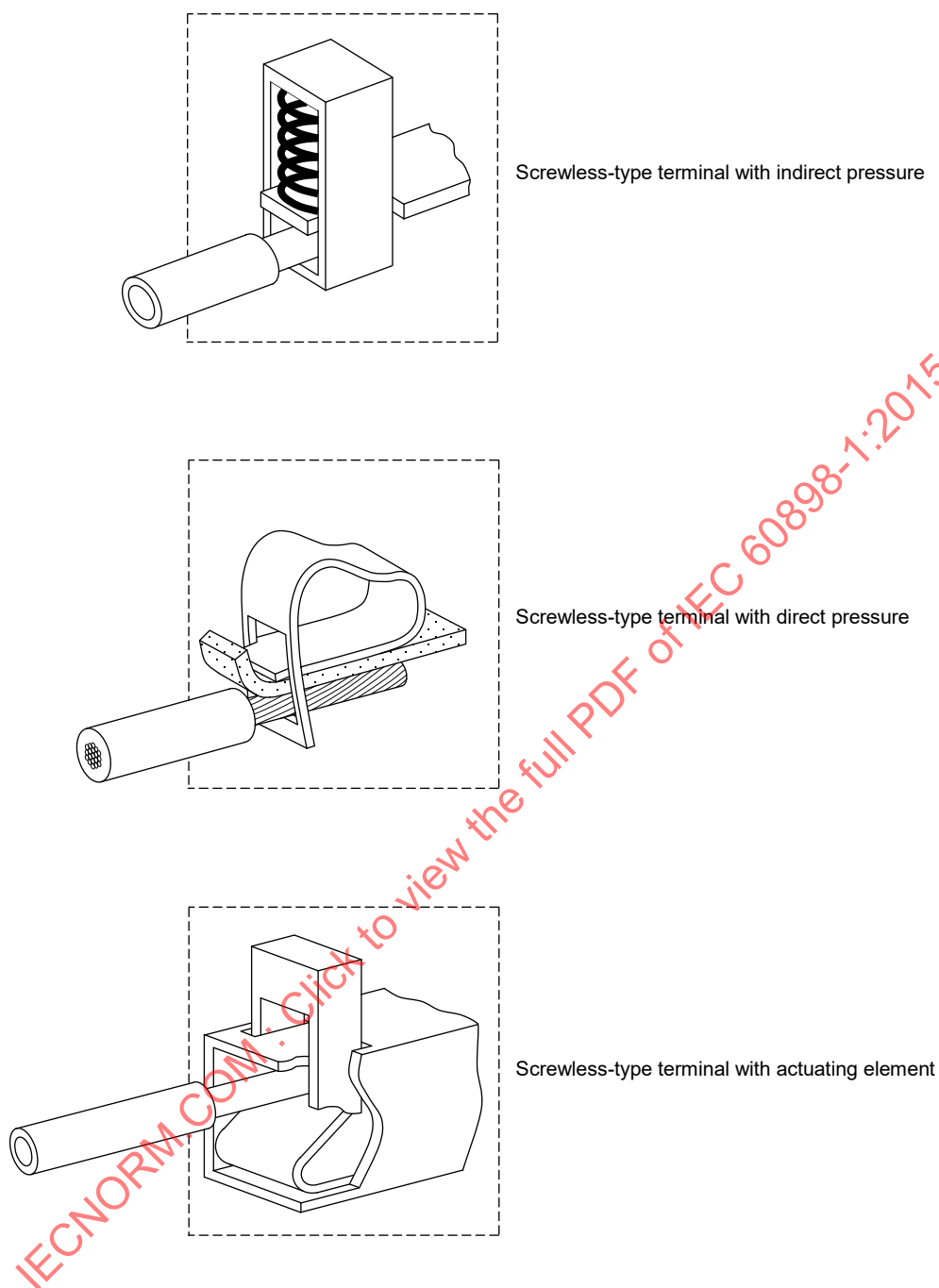
- either 22,5 mV,
- or 1,5 times the value measured after the 24th cycle.

The measurement shall be made as near as possible to the area of contact on the terminal.

If the measuring points cannot be positioned closely to the point of contact, the voltage drop within the part of the conductor between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured.

The temperature in the heating cabinet must be measured at a distance of at least 50 mm from the samples.

After this test an inspection with the naked eye, by normal or corrected vision, without additional magnification, shall show no changes evidently impairing further use, such as cracks, deformations or the like.



IEC

Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals

J.10 Reference documents

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60998-1:1990, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60998-2-2:1991, *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 60999 (all parts), *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units*

ASTM B172-01a, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*

ICEA S-19-81 / NEMA WC3, *Rubber-Insulated Wire and Cable*¹

ICEA S-66-524 / NEMA WC7, *Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable*¹

ICEA S-68-516 / NEMA WC8, *Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable*¹

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

¹ Withdrawn

Annex K (normative)

Particular requirements for circuit-breakers with flat quick-connect terminations

NOTE This annex supplements or modifies the corresponding clauses in this standard. Where this annex states "addition", "modification" or "replacement", the relevant requirements, test specifications or explanatory matter in this standard should be adapted accordingly.

K.1 Scope

This Annex K applies to circuit-breakers within the scope of clause 1, equipped with flat quick-connect terminations consisting of a male tab (see K.3.2) with nominal width 6,3 mm and thickness 0,8 mm, to be used with a mating female connector for connecting electrical copper conductors according to the manufacturer's instructions, for rated currents up to and including 16 A.

NOTE The use of circuit-breakers with flat quick-connect terminations for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, ES, PT and US.

The connectable electrical copper conductors are flexible, having a cross-sectional area up to and including 4 mm², or rigid stranded, having a cross-sectional area up to and including 2,5 mm² (AWG equal to or greater than 12).

This Annex K applies exclusively to circuit-breakers having male tabs as an integral part of the device.

K.2 Normative references

Clause 2 applies with the following exceptions:

Additional reference:

IEC 61210:1993, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

K.3 Terms and definitions

Clause 3 applies with the following exceptions:

Additional terms and definitions:

K.3.1

flat quick-connect termination

electrical connection consisting of a male tab and a female connector which can be pushed into and withdrawn with or without the use of a tool

K.3.2

male tab

portion of a quick-connect termination which receives the female connector

K.3.3

female connector

portion of a quick-connect termination which is pushed onto the male tab

K.3.4 detent

dimple (depression) or hole in the male tab which engages a raised portion on the female connector to provide a latch for the mating parts.

K.4 Classification

Clause 4 applies.

K.5 Characteristics of circuit-breakers

Clause 5 applies.

K.6 Marking

Clause 6 applies with the following exceptions:

Addition after the lettered item k):

The following information regarding the female connector according to IEC 61210 and the type of conductor to be used shall be given in the manufacturers' instructions:

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) type reference;
- c) information on cross-sections of conductors and colour code of insulated female connectors (see Table K.1 below);
- d) the use of only silver or tin-plated copper alloys.

**Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors
in relationship with the cross section of the conductor**

Cross-section of the conductor mm ²	Colour code of the female connector
1	Red
1,5	Red or blue
2,5	Blue or yellow
4	Yellow

K.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 applies.

K.8 Constructional requirements

Clause 8 applies, with the following exceptions:

Replacement of 8.1.3 by:

K.8.1 Clearances and creepage distances (see Annex B)

Subclause 8.1.3 applies, the female connectors being fitted to the male tabs of the circuit-breaker.

Replacement of 8.1.5 by:

K.8.2 Terminals for external conductors

K.8.2.1 Male tabs and female connectors shall be of a metal having mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

NOTE Silver or tin plated copper alloys are examples of suitable solutions.

K.8.2.2 The nominal width of the male tab is 6,3 mm and the thickness 0,8 mm, applicable to rated currents up to and including 16 A.

NOTE 1 The use for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, PT, ES and US.

The dimensions of the male tab shall comply with those specified in Table K.3 and in figures K.2, K.3, K.4 and K.5, where the dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N and Q are mandatory.

The dimensions of the female connector which may be fitted-on are given in Figure K.6 and in Table K.4.

NOTE 2 The shapes of the various parts may deviate from those given in the figures, provided that the specified dimensions are not influenced and the test requirements are complied with, for example: corrugated tabs, folded tabs, etc.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

K.8.2.3 Male tabs shall be securely retained.

Compliance is checked by the mechanical overload test of K.9.1.

K.9 Tests

Clause 9 applies, with the following exceptions:

Replacement of 9.5 by:

K.9.1 Mechanical overload-force

This test is done on 10 terminals of circuit-breakers, mounted as in normal use when wiring takes place.

The axial push force, and successively the axial pull force specified in the following Table K.2, are gradually applied to the male tab integrated in the circuit-breaker, once only with a suitable test apparatus.

Table K.2 – Overload test forces

Push N	Pull N
96	88

No damage which could impair further use shall occur to the tab or to the circuit-breaker in which the tab is integrated.

Addition to 9.8.3:

Fine-wire thermocouples shall be placed in such a way as not to influence the contact or the connection area. An example of placement is shown in Figure K.1.

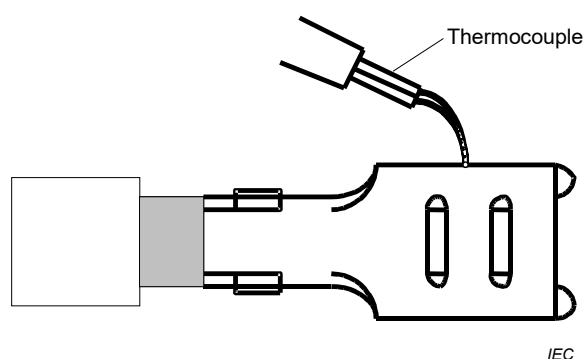


Figure K.1 – Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise

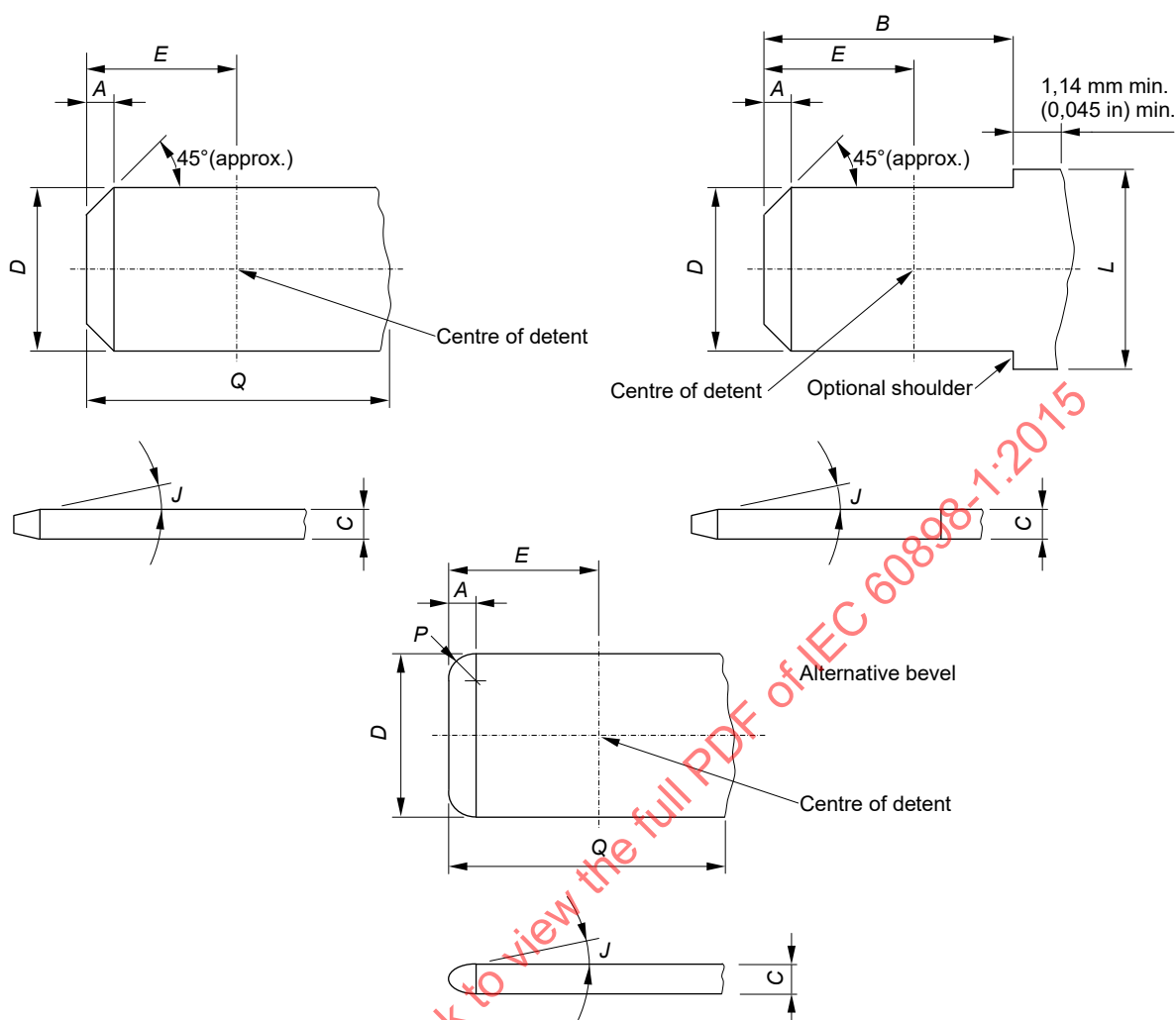
Table K.3 – Dimensions of tabs

Dimensions in millimetres

Nominal size		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Dimple	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12°	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8°	2,2	1,8	0,7	8,9
	Hole	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12°			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8°			0,7	8,9

NOTE 1 For the dimensions A to Q refer to figures K.2 to K.5.

NOTE 2 Where two values are shown in one column, they give the maximum and the minimum dimension.



IEC

NOTE 1 Bevel A of 45° need not be a straight line if it is within the confines shown.

NOTE 2 Dimension L is not specified and may vary by the application (for example fixing).

NOTE 3 Dimension C of tabs may be produced from more than one layer of material provided that the resulting tab complies in all respects with the requirements of this standard.

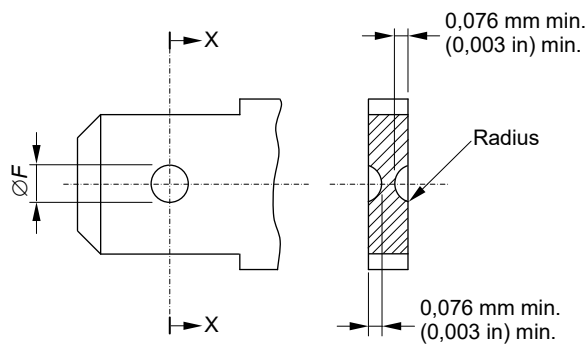
A radius on the longitudinal edge of the tab is permissible.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except with regard to the dimensions shown.

NOTE 5 The thickness C of the male tab may vary beyond Q or beyond $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,043 in)

NOTE 6 All portions of the tabs are flat and free of burrs or raised plateaus, except that there may be a raised plateau over the stock thickness of 0,025 mm (0,001 in) per side, in an area defined by a line surrounding the detent and distant from it by 1,3 mm (0,051 in).

Figure K.2 – Dimensions of male tabs

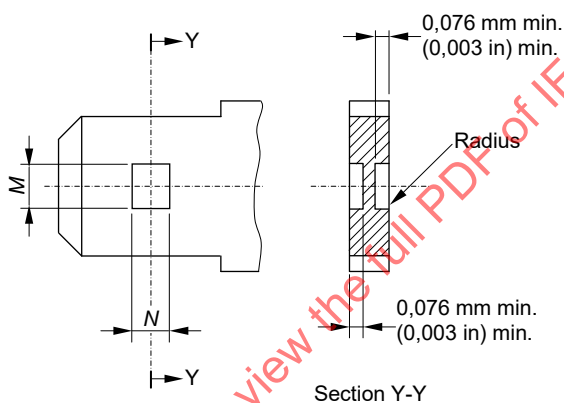


Section X-X

IEC

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)

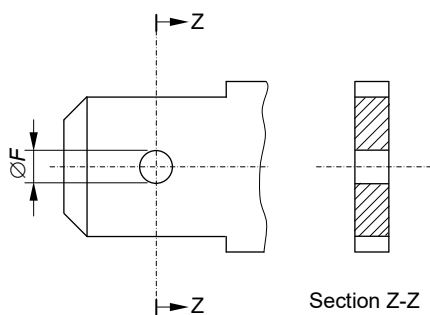


Section Y-Y

IEC

Detent shall be located within 0,13 mm (0,005 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)

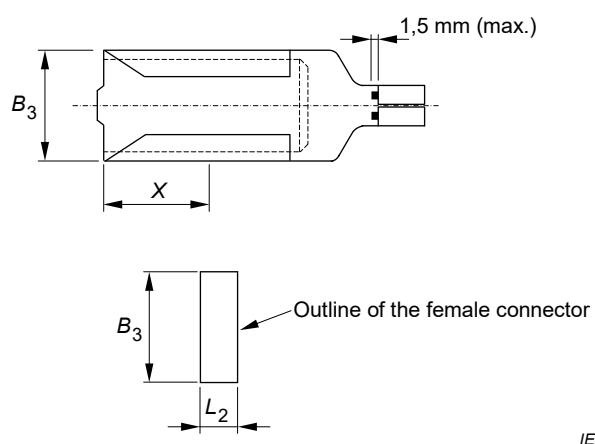


Section Z-Z

IEC

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.5 – Dimensions of hole detents



Dimensions B_3 and L_2 are mandatory.

NOTE 1 For determining female connector dimensions varying from B_3 and L_2 refer to the tab dimensions in order to ensure that in the most onerous conditions the engagement (and detent, if fitted) between tab and female connector is correct.

NOTE 2 If a detent is provided, the dimension X is at manufacturer's discretion in order to meet the requirements of the performance clauses.

NOTE 3 Female connectors are so designed that undue insertion of the conductor into the crimping area is visible or prevented by a stop in order to avoid any interference between the conductor and a fully inserted tab.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except as regards the dimensions shown.

Figure K.6 – Dimensions of female connectors

Table K.4 – Dimensions of female connectors

Tab size mm	Dimensions of female connector mm	
	B_3 max.	L_2 max.
6,3 × 0,8	7,8	3,5

K.10 Reference documents

IEC 60760:1989, *Flat, quick-connect terminations*

Annex L

(normative)

Specific requirements for circuit-breakers with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors

NOTE This annex supplements or modifies the corresponding clauses in this standard. Where this annex states "addition", "modification" or "replacement", the relevant requirements, test specifications or explanatory matter in this standard should be adapted accordingly.

L.1 Scope

This Annex L applies to circuit-breakers within the scope of this standard, equipped with screw-type terminals of copper – or of alloys containing at least 58 % of copper (if worked cold) or at least 50 % of copper (if worked otherwise), or of other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable – for use with untreated aluminium conductors, or with screw-type terminals of aluminium material for use with copper or aluminium conductors.

In this Annex L copper-clad and nickel-clad aluminium conductors are considered as aluminium conductors.

NOTE In Austria, Australia and Germany, the use of aluminium screw-type terminals for use with copper conductors is not allowed.

- In Austria and Germany, terminals for aluminium conductors only are not allowed.
- In Spain, the use of aluminium conductors is not allowed for final circuits in household and similar installations e.g. offices, shops.
- In Denmark, the minimum cross-sectional area for aluminium conductors is 16 mm².

L.2 Normative references

Void.

L.3 Terms and definitions

Clause 3 applies with the following exceptions:

Additional terms and definitions:

L.3.1

treated conductor

contact area of a conductor that has had its oxide layer on the outside strands scraped away and/or has had a compound added to improve connectability and/or prevent corrosion

L.3.2

untreated/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.

L.3.3

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotentiality point and uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

L.3.4

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit

Note 1 to entry: It enables the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined.

L.3.5

stability factor

S_f

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

L.4 Classification

Clause 4 applies.

L.5 Characteristics of circuit-breakers

Clause 5 applies.

L.6 Marking

Clause 6 applies with the following exceptions:

Addition:

The terminal marking defined in Table L.1 shall be marked on the circuit-breaker, near the terminals.

The other information concerning the number of conductors, the screw torque values (if different from Table 11) and the cross-sections, shall be indicated on the circuit-breaker.

Table L.1 – Marking for terminals

Conductor types accepted	Marking
Copper only	None
Aluminium only	Al
Aluminium and copper	Al/Cu

The manufacturer shall state in his catalogue that, for the clamping of an aluminium conductor the tightening torque shall be applied with appropriate means.

L.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 applies.

L.8 Constructional requirements

Clause 8 applies, with the following exceptions:

8.1.5.2 Addition:

For the connection of aluminium conductors, circuit-breakers shall be provided with screw-type terminals allowing the connection of conductors having nominal cross-sections as shown in Table L.2.

Terminals for the connection of aluminium conductors and terminals of aluminium for the connection of copper or aluminium conductors shall have mechanical strength adequate to withstand the tests of 9.4, with the test conductors tightened with the torque indicated in Table 11, or with the torque specified by the manufacturer, which shall never be lower than that specified in Table 11.

Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals

Rated Current ^a A	Range of nominal cross-sections ^b to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 to 4
Above 13 up to and including 16	1 to 6
Above 16 up to and including 25	1,5 to 10
Above 25 up to and including 32	2,5 to 16
Above 32 up to and including 50	4 to 25
Above 50 up to and including 80	10 to 35
Above 80 up to and including 100	16 to 50
Above 100 up to and including 125	25 to 70
^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors; the use of flexible conductors is permitted. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm ² up to 10 mm ² be designed to clamp solid conductors only.	
^b Maximum wire sizes of Table 5, increased according to Table D.2 of IEC 61545:1996.	

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-section areas as specified.

8.1.5.4 Replacement:

Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection and the tests of L.9.

L.9 Tests

Clause 9 applies, with the following exceptions:

Addition:

For the tests which are influenced by the material of the terminal and the type of conductor that can be connected, the test conditions of Table L.3 are applied.

Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals

Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters

Metric					AWG				
Rigid			Flexible (copper only)		Rigid			Flexible (copper only)	
S	Solid	Stranded	S			Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes ^b I, K, M stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Gauge	Ø mm	Ø mm	Gauge	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^c	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^c	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^c	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		

NOTE: Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228:2004, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.

^a Nominal diameter + 5 %.

^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K, M.

^c Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.

L.9.1 Test conditions

Subclause 9.1 applies, except that the Al conductors to be connected are taken from Table L.5.

Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	I _n A
–	I _n ≤ 6
–	6 < I _n ≤ 13
–	13 < I _n ≤ 20
–	20 < I _n ≤ 25
10	25 < I _n ≤ 32
16	32 < I _n ≤ 50
25	50 < I _n ≤ 63
35	63 < I _n ≤ 80
50	80 < I _n ≤ 100
70	100 < I _n ≤ 125

L.9.2 Current cycling test

L.9.2.1 General

This test verifies the stability of the screw-type terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under accelerated cycling conditions.

This test is carried out on separate terminals.

L.9.2.2 Preparation

The test is performed on four specimens, each one made by a couple of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the circuit-breaker (see examples shown in Figures L.2 to L.6). The screw-type terminals which have been removed from the product shall be attached to the conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as that on which they are mounted on the product. The screw-type terminals shall be fixed to the conducting parts in the same manner (position, torque, etc.) as on the product. If one specimen fails during the test, four other specimens shall be tested and no other failures are admitted.

L.9.2.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure L.1.

Ninety per cent of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 11 shall be used for the test specimens. The test is carried out with conductors according to Table L.5.

The length of the test conductor from the point of entry to the screw-type terminal specimens to the equalizer (see L.3.3) shall be as in Table L.6.

Table L.6 – Test conductor length

Conductor cross section mm ²	Conductor wire size AWG	Minimum conductor length mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section.

The length of the reference conductor shall be approximately at least twice the length of the test conductor.

Each free end of the test and reference conductor(s) not connected to a screw-type terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of an equalizer of the same material as the conductor and of cross section not greater than that given in Table L.7. All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer.

Tool-applied compression type terminations without welding may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer and if the same performance is provided.

Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions

Range of test current A	Maximum cross section mm ²	
	Al	Cu
0 to 50	45	45
51 to 125	105	85
126 to 225	185	155

The separation between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or busbar by non-conductive supports so as not to subject the screw-type terminal to a tensile load. Thermal barriers shall be installed midway between the conductors which shall extend $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ widthways and $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ lengthways beyond the screw-type terminals (see Figure L.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C. Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 1 \text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

L.9.2.4 Temperature measurement

Temperature measurements are made by means of thermocouples, using a wire having a cross-section of not more than $0,07 \text{ mm}^2$ (approximately 30 AWG).

For screw-type terminals, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the screw-type terminal, close to the contact interface.

For the reference conductor, the thermocouples shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

Positioning of the thermocouples shall not damage the screw-type terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

The ambient temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately 50 mm × 50 mm, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

L.9.2.5 Test method and acceptance criteria

NOTE 1 Evaluation of performance is based on both the limit of screw-type terminal temperature rise and the temperature variation during the test.

The test loop shall be subjected to 500 cycles of 1 h current-on and 1 h current-off, starting at an a.c. current equal to 1,12 times the test current value determined in Table L.8. Near the end of each current-on period of the first 24 cycles, the current shall subsequently be adjusted to raise the temperature of the reference conductor to 75 °C.

At the 25th cycle the test current shall be adjusted for the last time and the stable temperature shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall be recorded for at least one cycle of each working day, and after approximately 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles.

The temperature shall be measured during the last 5 min of the current-on time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the current-on time shall be extended as necessary to complete such measurements.

After the first 25 cycles the current-off time may be reduced to a time 5 min longer than the time necessary to allow terminal assemblies for cooling down to a temperature between ambient temperature T_a and $T_a + 5$ K during the current-off period. Forced-air cooling may be employed to reduce the off time, if acceptable to the manufacturer. In that case it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements is to be determined by subtracting the average temperature deviation D from the 11 values of the temperature deviation d .

The temperature deviation d for the 11 individual temperature measurements is obtained by subtracting the associated reference conductor temperature from the screw-type terminal temperature.

NOTE 2 The value of d is positive if the screw-type temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each screw-type terminal

- the temperature rise shall not exceed 110 K;

- the stability factor S_f shall not exceed $\pm 10^\circ\text{C}$.

An example of calculation for one screw-type terminal is given in Table L.9.

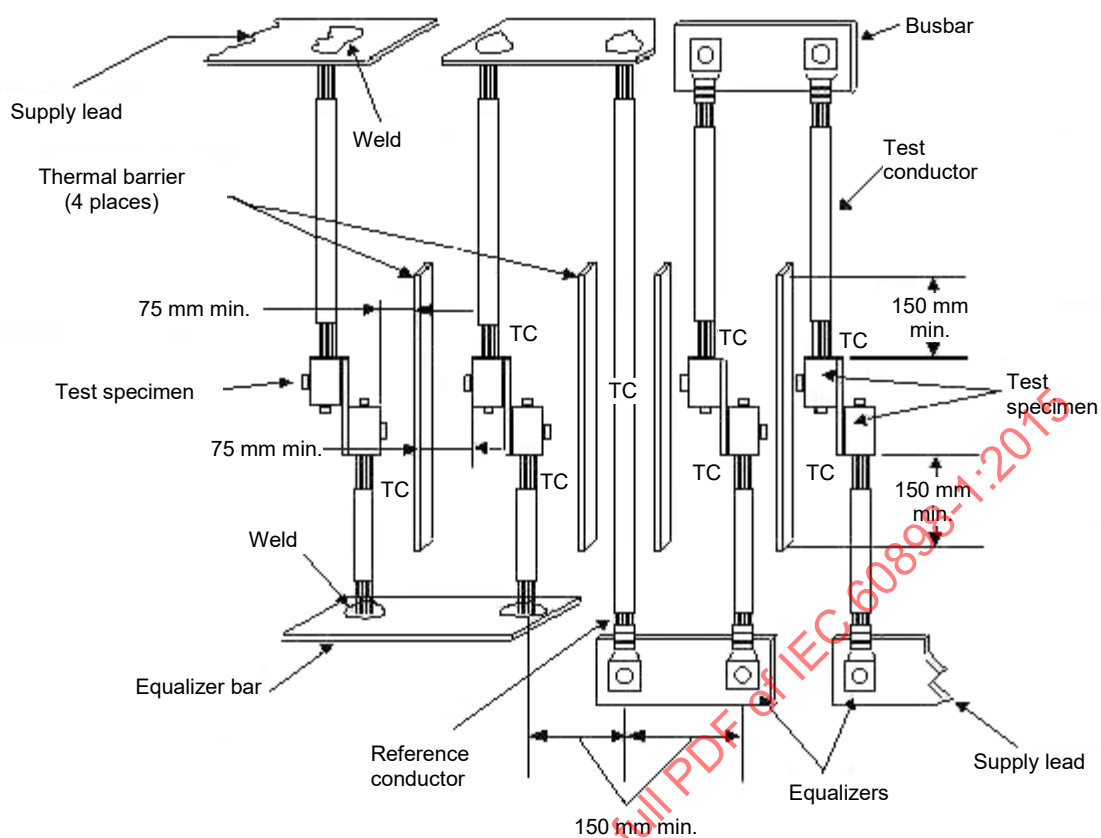
Table L.8 – Test current as a function of rated current

Rated current A	Metric sizes		AWG	
	Al conductor size mm^2	Test current A	Al conductor size N°	Test Current A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	0	190

Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D

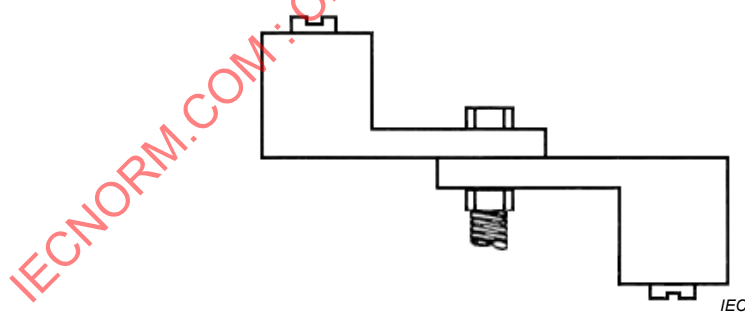
Temperature measurement	Cycle Number	Temperatures		Temperature deviation $d = a - b$ K	Stability factor $S_f = d - D$ K
		Screw-type terminal a $^\circ\text{C}$	Reference conductor b $^\circ\text{C}$		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

Average temperature deviation $D = \frac{\sum d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$



TC Thermocouple

IEC

Figure L.1 – General arrangement for the test

NOTE The conducting part can be bolted, soldered or welded.

Figure L.2

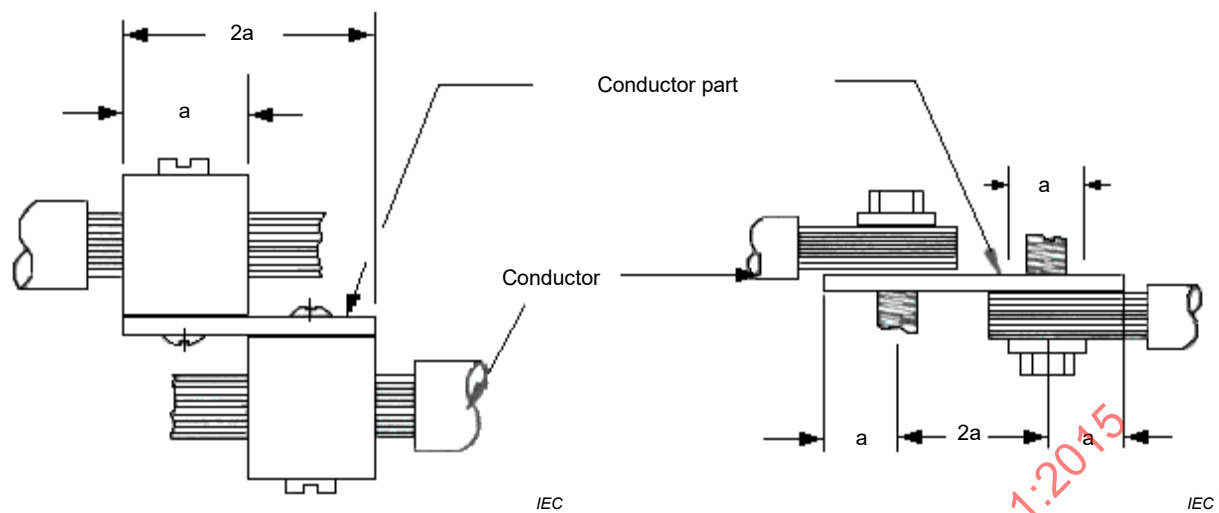


Figure L.3

Figure L.4

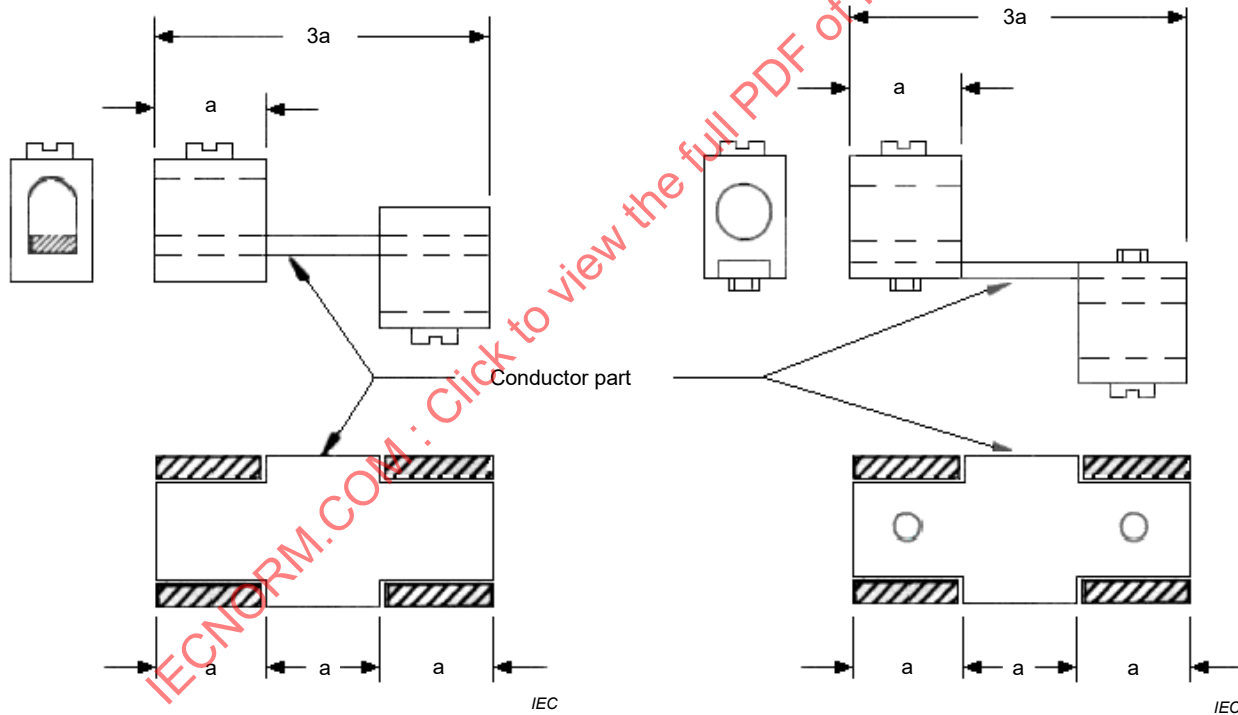


Figure L.5

Figure L.6

Bibliography

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60228A:1982, *First supplement to Publication 228, Conductors of insulated cables – Guide to the dimensional limits of circular conductors*

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

IEC 60112, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60898-2:1996, *Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 2: Circuit-breakers for a.c. and d.c. operation*

IEC 61009-1:1996, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) – Part 1: General rules*

IEC 61009-2-1:1991, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar use (RCBO's) – Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBO's functionally independent of line voltage*

IEC 61009-2-2:1991, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) – Part 2-2: Applicability of the general rules to RCBO's functionally dependent on line voltage*

ISO 2039-2:1987, *Plastics – Determination of hardness – Part 2: Rockwell hardness*

ISO/IEC Guide 2:1991, *General terms and their definitions concerning standardization and related activities*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	156
1 Domaine d'application	158
2 Références normatives	159
3 Termes et définitions	160
3.1 Appareils	160
3.2 Termes généraux	161
3.3 Éléments constitutifs	163
3.4 Conditions de fonctionnement	166
3.5 Grandeurs caractéristiques	166
3.6 Définitions relatives à la coordination de l'isolement	171
4 Classification	173
4.1 Généralités	173
4.2 D'après le nombre de pôles:	173
4.3 D'après la protection contre les influences externes:	173
4.4 D'après la méthode de montage:	173
4.5 D'après les modes de connexion:	173
4.5.1 D'après le mode de fixation:	173
4.5.2 D'après le type de bornes:	173
4.6 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.5.17):	174
4.7 D'après la caractéristique I^2t :	174
5 Caractéristiques des disjoncteurs	174
5.1 Liste des caractéristiques	174
5.2 Grandeurs assignées	174
5.2.1 Tensions assignées	174
5.2.2 Courant assigné (I_n)	175
5.2.3 Fréquence assignée	175
5.2.4 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})	175
5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné d'un pôle individuel (I_{cn1})	175
5.3 Valeurs normales et préférentielles	175
5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée	175
5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné	176
5.3.3 Valeurs normales de la fréquence assignée	176
5.3.4 Valeurs du pouvoir de coupure assigné	176
5.3.5 Plages normales de déclenchement instantané	177
5.3.6 Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	177
6 Marquage et autres informations sur le produit	177
7 Conditions normales de fonctionnement en service	179
7.1 Généralités	179
7.2 Plage de température ambiante de l'air	179
7.3 Altitude	179
7.4 Conditions atmosphériques	180
7.5 Conditions d'installation	180
7.6 Degré de pollution	180
8 Exigences de construction et de fonctionnement	180
8.1 Réalisation mécanique	180

8.1.1	Généralités	180
8.1.2	Mécanisme	180
8.1.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B)	182
8.1.4	Vis, parties transportant le courant et connexions	184
8.1.5	Bornes pour conducteurs externes	185
8.1.6	Non-interchangeabilité	187
8.1.7	Fixation mécanique des disjoncteurs du type enfichable	188
8.2	Protection contre les chocs électriques	188
8.3	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	189
8.3.1	Généralités	189
8.3.2	Propriétés diélectriques à fréquence industrielle	189
8.3.3	Aptitude au sectionnement	189
8.3.4	Rigidité diélectrique à la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	189
8.4	Échauffement	189
8.4.1	Limites d'échauffement	189
8.4.2	Température de l'air ambiant	190
8.5	Service ininterrompu	190
8.6	Fonctionnement automatique	190
8.6.1	Zone temps-courant normalisée	190
8.6.2	Grandeurs conventionnelles	191
8.6.3	Caractéristique de déclenchement	192
8.7	Endurance mécanique et électrique	192
8.8	Tenue aux courants de court-circuit	192
8.9	Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques	193
8.10	Résistance à la chaleur	193
8.11	Résistance à la chaleur anormale et au feu	193
8.12	Résistance à la rouille	193
8.13	Puissance active dissipée	193
9	Essais	194
9.1	Essais de type et séquences	194
9.2	Conditions d'essai	195
9.3	Essai de l'indélébilité du marquage	196
9.4	Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions	196
9.5	Essais de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre	197
9.6	Essai de protection contre les chocs électriques	199
9.7	Essai des propriétés diélectriques	200
9.7.1	Résistance à l'humidité	200
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal	200
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal	201
9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	202
9.7.5	Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts	203
9.8	Essai d'échauffements et mesure de la puissance active dissipée	206
9.8.1	Température de l'air ambiant	206
9.8.2	Procédure d'essai	206
9.8.3	Mesure de la température des différentes parties	206
9.8.4	Échauffement d'un élément	206

9.8.5	Mesure de la puissance active dissipée	207
9.9	Essai 28 jours	207
9.10	Essai de la caractéristique de déclenchement	207
9.10.1	Généralités	207
9.10.2	Essai de la caractéristique temps-courant	207
9.10.3	Essai du déclenchement instantané, vérification de l'ouverture correcte des contacts et du mécanisme à déclenchement libre	208
9.10.4	Essai de l'effet d'une charge unipolaire sur la caractéristique de déclenchement des disjoncteurs multipolaires	209
9.10.5	Essai de l'effet de la température ambiante sur la caractéristique de déclenchement	209
9.11	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	209
9.11.1	Conditions générales d'essai	209
9.11.2	Procédure d'essai	210
9.11.3	État du disjoncteur après l'essai	210
9.12	Essais de court-circuit	211
9.12.1	Généralités	211
9.12.2	Valeurs des grandeurs d'essai	212
9.12.3	Tolérances sur les grandeurs d'essai	212
9.12.4	Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit	213
9.12.5	Facteur de puissance du circuit d'essai	214
9.12.6	Mesure et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p)	214
9.12.7	Étalonnage du circuit d'essai	214
9.12.8	Interprétation des enregistrements	215
9.12.9	État du disjoncteur pour les essais	215
9.12.10	Comportement du disjoncteur pendant les essais de court-circuit	216
9.12.11	Procédure d'essai	217
9.12.12	Vérification du disjoncteur après les essais de court-circuit:	222
9.13	Contraintes mécaniques	223
9.13.1	Choc mécanique	223
9.13.2	Résistances aux contraintes mécaniques et aux impacts	223
9.14	Essai de résistance à la chaleur	226
9.15	Résistance à la chaleur anormale et au feu	227
9.16	Essai de résistance à la rouille	228
Annexe A (informative)	Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	242
A.1	Généralités	242
A.2	Méthode 1 – Détermination d'après la composante continue	242
A.3	Méthode 2 – Détermination avec un générateur pilote	242
Annexe B (normative)	Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite	244
B.1	Généralités	244
B.2	Orientation et emplacement d'une ligne de fuite	244
B.3	Lignes de fuite lorsque plus d'un matériau est utilisé	244
B.4	Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante	244
B.5	Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement	244
Annexe C (normative)	Séquences d'essais et nombre d'échantillons	249
C.1	Séquences d'essais	249
C.2	Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète et critères d'acceptation	251
C.3	Nombre d'échantillons à soumettre à une procédure d'essais simplifiée	251

Annexe D (informative) Coordination en condition de court-circuit entre un disjoncteur et un autre dispositif de protection contre les courts-circuits associés dans le même circuit.....	255
D.1 Généralités	255
D.2 Vue d'ensemble	256
D.3 Exigences générales de coordination d'un disjoncteur avec un autre DPCC.....	256
D.3.1 Généralités	256
D.3.2 Courant d'intersection	256
D.3.3 Comportement de C1 en association avec un autre DPCC.....	256
D.4 Type et caractéristiques du DPCC associé.....	256
D.5 Vérification de la sélectivité	257
D.6 Vérification de la protection d'accompagnement	257
D.6.1 Détermination du courant d'intersection	257
D.6.2 Vérification de la protection d'accompagnement	257
D.6.3 Essais de vérification de la protection d'accompagnement	258
D.6.4 Résultats à obtenir	259
Annexe E (normative) Exigences particulières pour les circuits auxiliaires pour très basse tension de sécurité	263
Annexe F (informative) Exemples de bornes	264
Annexe G (informative) Correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG	267
Annexe H (normative) Disposition pour les essais de court-circuit.....	268
Annexe I (normative) Essais individuels	271
I.1 Généralités	271
I.2 Essais de déclenchement	271
I.3 Vérification de la distance d'isolement entre contacts ouverts	271
Annexe J (normative) Exigences particulières pour les disjoncteurs avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre	272
J.1 Domaine d'application.....	272
J.2 Références normatives	272
J.3 Termes et définitions	272
J.4 Classification	273
J.5 Caractéristiques des disjoncteurs	273
J.6 Marquage	273
J.7 Conditions normales de fonctionnement en service	274
J.8 Exigences de construction	274
J.8.1 Connexion et déconnexion des conducteurs	274
J.8.2 Dimensions des conducteurs raccordables	274
J.8.3 Sections raccordables	275
J.8.4 Introduction et déconnexion des conducteurs	275
J.8.5 Conception et construction des bornes	275
J.8.6 Résistance au vieillissement.....	276
J.9 Essais.....	276
J.9.1 Essai de fiabilité des bornes sans vis	276
J.9.2 Essais de fiabilité des bornes pour conducteurs externes: résistance mécanique	277
J.9.3 Essai de cycles.....	277
J.10 Documents de référence	279
Annexe K (normative) Exigences particulières pour les disjoncteurs avec bornes plates à connexion rapide	281

K.1	Domaine d'application	281
K.2	Références normatives	281
K.3	Termes et définitions	281
K.4	Classification	282
K.5	Caractéristiques des disjoncteurs	282
K.6	Marquage	282
K.7	Conditions normales de fonctionnement en service	282
K.8	Exigences de construction	282
K.8.1	Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B)	282
K.8.2	Bornes pour conducteurs externes	283
K.9	Essais	283
K.9.1	Force de surcharge mécanique	283
K.10	Documents de référence	287
Annexe L (normative) Exigences particulières pour disjoncteurs avec bornes à vis pour conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs en cuivre ou en aluminium		288
L.1	Domaine d'application	288
L.2	Références normatives	288
L.3	Termes et définitions	288
L.4	Classification	289
L.5	Caractéristiques des disjoncteurs	289
L.6	Marquage	289
L.7	Conditions normales de fonctionnement en service	290
L.8	Exigences de construction	290
L.9	Essais	290
L.9.1	Conditions d'essai	292
L.9.2	Essai de cycles thermiques	293
Bibliographie		299
Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.3.22)		229
Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.3.23)		229
Figure 3 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui de 9.12.11.2.2)		229
Figure 4 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2)		230
Figure 5 – Détail des impédances Z et Z_1		230
Figure 6 – Exemple d'enregistrement d'un essai de fermeture ou de coupure en court-circuit dans le cas d'un dispositif unipolaire en courant monophasé		232
Figure 7 – Dispositif pour l'essai de résistance aux secousses mécaniques (9.13.1)		233
Figure 8 – Doigt d'essai normalisé (9.6)		234
Figure 9 – Dispositif pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)		235
Figure 10 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)		236
Figure 11 – Support de montage pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)		237
Figure 12 – Exemple de montage d'un disjoncteur pour fixation arrière pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)		238
Figure 13 – Exemple de montage d'un disjoncteur pour montage en tableau pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)		239

Figure 14 – Application de la force pour l'essai mécanique d'un disjoncteur pour montage sur rail (9.13.2.4).....	240
Figure 15 – Dispositif pour l'essai de pression à la bille	240
Figure 16 – Exemple d'application de la force pour l'essai mécanique d'un disjoncteur enfichable bipolaire dont le maintien en position dépend seulement des connexions enfichables (9.13.2.5)	241
Figure 17 – Représentation schématique (9.15)	241
Figure B.1 – Exemples de méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement	248
Figure D.1 – Coordination, pour la protection contre les surintensités, entre un disjoncteur et un fusible, ou protection d'accompagnement par un fusible – Caractéristiques de fonctionnement	260
Figure D.2 – Sélectivité totale entre deux disjoncteurs	261
Figure D.3 – Protection d'accompagnement par un disjoncteur – Caractéristiques de fonctionnement	262
Figure F.1 – Exemples de bornes à trou	264
Figure F.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté	265
Figure F.3 – Exemples de bornes à plaquette	266
Figure F.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes	266
Figure H.1 – Disposition d'essai.....	269
Figure H.2 – Circuit de grille	269
Figure H.3 – Circuit de grille	270
Figure J.1 – Raccordement des échantillons	278
Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis	279
Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement	284
Figure K.2 – Dimensions des languettes	285
Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	286
Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	286
Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage	286
Figure K.6 – Dimensions des clips	287
Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai	297
Figure L.2	297
Figure L.3	298
Figure L.4	298
Figure L.5	298
Figure L.6	298
Tableau 1 – Valeurs préférentielles de la tension assignée	176
Tableau 2 – Plages de déclenchement instantané.....	177
Tableau 3 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.....	177
Tableau 4 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales	183
Tableau 5 – Sections des conducteurs en cuivre avec propriétés de connexion aux bornes à vis	186

Tableau 6 – Valeurs des échauffements	190
Tableau 7 – Caractéristiques de fonctionnement temps-courant.....	191
Tableau 8 – Puissance active maximale dissipée par pôle	194
Tableau 9 – Liste des essais de type	194
Tableau 10 – Sections (S) des conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés.....	196
Tableau 11 – Diamètre des filetages et couples à appliquer.....	197
Tableau 12 – Forces de traction.....	198
Tableau 13 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires	202
Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc.....	204
Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de l'aptitude au sectionnement en fonction de la tenue aux tensions de choc assignée du disjoncteur et de l'altitude où l'essai est effectué	205
Tableau 16 – Applicabilité des essais de court-circuit	212
Tableau 17 – Plages des facteurs de puissance pour le circuit d'essai.....	214
Tableau 18 – Rapport k entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{CS}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{CN})	219
Tableau 19 – Procédure d'essai pour I_{CS} dans le cas de disjoncteurs unipolaires et bipolaires.....	219
Tableau 20 – Procédure d'essai pour I_{CS} dans le cas de disjoncteurs tripolaires et tétrapolaires.....	220
Tableau 21 – Procédure d'essai pour I_{CS} dans le cas d'essais triphasés pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V.....	220
Tableau 22 – Procédure d'essai pour I_{CN}	221
Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{CN} dans le cas d'essais triphasés pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V.....	221
Tableau C.1 – Séquences d'essais.....	250
Tableau C.2 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai complète.....	251
Tableau C.3 – Réduction du nombre des échantillons pour des séries de disjoncteurs ayant différents nombres de pôles	253
Tableau C.4 – Séquences d'essais pour une gamme de disjoncteurs ayant des classifications de déclenchement instantané différentes	254
Tableau J.1 – Conducteurs raccordables	275
Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis	275
Tableau J.3 – Forces de traction.....	277
Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur.....	282
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge.....	283
Tableau K.3 – Dimensions des languettes.....	284
Tableau K.4 – Dimensions des clips.....	287
Tableau L.1 – Marquage des bornes	289
Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium avec propriétés de connexion aux bornes à vis	290
Tableau L.3 – Liste des essais selon le matériau des conducteurs et des bornes.....	291
Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre théorique	292
Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés.....	292

Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai	293
Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion	294
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné	296
Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température <i>D</i>	296

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60898-1:2015

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PETIT APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE – DISJONCTEURS POUR LA PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS POUR INSTALLATIONS DOMESTIQUES ET ANALOGUES –

Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60898-1 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de l'IEC: Petit appareillage.

La présente version bilingue (2016-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-03.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2002, Amendement 1:2002 et Amendement 2:2003. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Révision de 9.5 Bornes
- b) Révision de l'essai au fil incandescent
- c) Simplification des figures pour les essais de court-circuit.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 23E/881/FDIS et 23E/894/RVD.

Le rapport de vote 23E/894/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Dans la présente Norme, les caractères d'imprimerie suivants sont employés:

- Exigences proprement dites: caractères romains.
- *Spécifications d'essai: caractères italiques.*
- Commentaires: petits caractères romains.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60898, publiées sous le titre général *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

Le contenu du corrigendum de novembre 2015 a été inclus dans cet exemplaire.

PETIT APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE – DISJONCTEURS POUR LA PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS POUR INSTALLATIONS DOMESTIQUES ET ANALOGUES –

Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60898 s'applique aux disjoncteurs à coupure dans l'air pour courant alternatif à 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz, ayant une tension assignée ne dépassant pas 440 V (entre phases), un courant assigné ne dépassant pas 125 A et un pouvoir de coupure assigné ne dépassant pas 25 000 A.

Dans la mesure du possible, elle est alignée avec les exigences de l'IEC 60947-2.

Ces disjoncteurs sont destinés à la protection contre les surintensités des installations des bâtiments et autres applications analogues; ils sont conçus pour être utilisés par des personnes non averties et pour ne pas exiger d'entretien.

Ils sont destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2.

Ils sont appropriés pour la fonction de sectionnement.

Les disjoncteurs de la présente Norme, à l'exception de ceux dont la tension assignée est de 120 V ou 120/240 V (voir Tableau 1), sont adaptés à une utilisation dans des systèmes IT.

La présente Norme s'applique également aux disjoncteurs à calibres multiples, à condition que l'organe de réglage pour le passage d'une valeur discrète à une autre ne soit pas accessible en service normal et que le passage ne puisse pas être effectué sans l'aide d'un outil.

La présente Norme ne s'applique pas

- aux disjoncteurs destinés à la protection des moteurs;
- aux disjoncteurs dont le réglage du courant est ajustable par des moyens accessibles à l'utilisateur.

Pour les disjoncteurs ayant un degré de protection supérieur à IP20 suivant l'IEC 60529, utilisés dans des emplacements où règnent des conditions sévères (telles que chaleur, froid, humidité excessive, ou dépôt de poussières) et dans des emplacements dangereux, (par exemple où il y a un risque d'explosion) des constructions spéciales peuvent être nécessaires.

La présente Norme ne s'applique pas aux disjoncteurs pour fonctionnement en courant alternatif et en courant continu qui sont couverts par l'IEC 60898-2.

La présente Norme ne s'applique pas aux disjoncteurs munis d'un déclencheur à courant différentiel résiduel incorporé qui sont couverts par l'IEC 61009-1, l'IEC 61009-2-1 et l'IEC 61009-2-2.

Un guide pour la coordination, dans des conditions de court-circuit, des disjoncteurs avec d'autres dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) est donné dans

l'Annexe D. Pour des conditions de surtension plus sévères, il convient d'utiliser des disjoncteurs satisfaisant à d'autres normes (par exemple IEC 60947-2).

Pour des environnements ayant un degré de pollution plus élevé, il convient d'utiliser des enveloppes procurant le degré de protection approprié.

NOTE Les disjoncteurs relevant du domaine d'application de la présente Norme peuvent aussi être utilisés pour la protection contre les chocs électriques en cas de défaut, selon leurs caractéristiques de déclenchement et les caractéristiques de l'installation. Les critères d'application pour de tels usages sont traités par les règles d'installation.

La présente Norme indique toutes les exigences nécessaires pour assurer la conformité aux caractéristiques de fonctionnement exigées pour ces dispositifs par les essais de type.

Elle indique également les détails relatifs aux exigences et aux modalités d'essais nécessaires pour assurer la reproductibilité des résultats.

La présente Norme fixe

- a) les caractéristiques des disjoncteurs;
- b) les conditions auxquelles doivent satisfaire les disjoncteurs relativement à:
 - 1) leur fonctionnement et leur tenue en service normal;
 - 2) leur fonctionnement et leur tenue en cas de surcharge;
 - 3) leur fonctionnement et leur tenue en cas de court-circuit, jusqu'à leur pouvoir de coupure assigné;
 - 4) leurs propriétés diélectriques;
- c) les essais destinés à vérifier si ces conditions sont remplies et les méthodes à adopter pour ces essais;
- d) les indications à porter sur les dispositifs;
- e) les séquences d'essais à effectuer et le nombre d'échantillons (voir Annexe C);
- f) la coordination en court-circuit avec un autre dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) associé dans le même circuit (voir Annexe D);
- g) les essais individuels à effectuer sur chaque disjoncteur pour déceler les changements inacceptables de matériau ou de fabrication susceptibles de compromettre la sécurité (voir Annexe I).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI)*. Disponible sur: <http://www.electropedia.org/>

IEC 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

IEC 60269 (toutes les parties), *Fusibles basse tension*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*. Disponible sur: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

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

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, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 60947-2:2006, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-441 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 Appareils

3.1.1

appareil de connexion

appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-01]

3.1.2

appareil mécanique de connexion

appareil de connexion destiné à fermer et à ouvrir un ou plusieurs circuits électriques au moyen de contacts séparables

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-02]

3.1.3

coupe-circuit à fusibles

appareil dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments spécialement conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est inséré et d'interrompre le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-18-01, modifiée – "Le fusible comprend toutes les parties qui forment le dispositif complet" a été supprimé.]

3.1.4

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 automatiquement des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit, telles que celles de court-circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-14-20]

3.1.5

disjoncteur enfichable

disjoncteur ayant une ou plusieurs bornes enfichables (voir 3.3.20) et conçu pour être employé avec des moyens appropriés pour la connexion par enfichage

3.2 Termes généraux

3.2.1

surintensité

courant supérieur au courant assigné

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-06]

3.2.2

courant de surcharge

surintensité se produisant dans un circuit électriquement sain

Note 1 à l'article: Un courant de surcharge peut provoquer des dommages s'il est maintenu pendant un temps suffisant.

3.2.3

courant de court-circuit

surintensité résultant d'un défaut d'impédance négligeable entre des points à des potentiels différents en service normal

Note 1 à l'article: Un courant de court-circuit peut être dû à un défaut ou à un branchement incorrect.

3.2.4

circuit principal

<d'un disjoncteur> ensemble de pièces conductrices d'un disjoncteur insérées dans le circuit qu'il a pour fonction de fermer ou d'ouvrir

3.2.5

circuit de commande

<d'un disjoncteur> circuit (autre qu'une voie du circuit principal) destiné à la fermeture ou à l'ouverture, ou les deux, du disjoncteur

3.2.6

circuit auxiliaire

<d'un disjoncteur> ensemble de pièces conductrices d'un disjoncteur destinées à être insérées dans un circuit autre que le circuit principal et le circuit de commande du disjoncteur

3.2.7

pôle

<d'un disjoncteur> élément d'un disjoncteur associé exclusivement à un chemin conducteur électriquement séparé appartenant à son circuit principal, muni de contacts destinés à fermer et ouvrir le circuit principal lui-même, et ne comprenant pas les éléments constituant assurant la fixation et le fonctionnement d'ensemble de tous les pôles

3.2.7.1

pôle protégé

pôle muni d'un déclencheur à maximum de courant (voir 3.3.6)

3.2.7.2

pôle non protégé

pôle sans déclencheur à maximum de courant (voir 3.3.6), mais, hormis cela, généralement capable des mêmes performances qu'un pôle protégé du même disjoncteur

Note 1 à l'article: Pour assurer la conformité à cette exigence, le pôle non protégé peut être de la même construction que le ou les pôles protégés ou d'une construction particulière.

Note 2 à l'article: Si le pouvoir de coupure du pôle non protégé est différent de celui du ou des pôles protégés, ceci doit être indiqué par le fabricant.

3.2.7.3

pôle neutre de sectionnement

pôle prévu seulement pour couper le neutre, mais non prévu pour avoir un pouvoir de fermeture ou de coupure

3.2.8

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du disjoncteur est assurée

3.2.9

position d'ouverture

position dans laquelle la distance prédéterminée d'isolement entre contacts ouverts dans le circuit principal du disjoncteur est assurée

3.2.10

température de l'air

3.2.10.1

température de l'air ambiant

température déterminée dans des conditions prescrites de l'air qui entoure le disjoncteur

Note 1 à l'article: Pour les disjoncteurs sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-13, modifiée – "la totalité de l'appareil de connexion ou du fusible" a été remplacé par "le disjoncteur".]

3.2.10.2

température de référence de l'air ambiant

température de l'air ambiant sur laquelle sont basées les caractéristiques temps-courant

3.2.11

manœuvre

passage d'un ou des contacts mobiles de la position d'ouverture à la position de fermeture et vice versa

Note 1 à l'article: Si une distinction est nécessaire, le terme "manœuvre électrique" est utilisé s'il s'agit d'une opération au sens électrique (par exemple: établissement ou coupure) et "manœuvre mécanique", s'il s'agit d'une opération au sens mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

3.2.12

cycle de manœuvres

suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position

3.2.13

séquence de manœuvres

<d'un appareil mécanique de connexion> suite de manœuvres spécifiées effectuées à des intervalles de temps spécifiés

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-03]

3.2.14

service ininterrompu

service dans lequel les contacts principaux d'un disjoncteur restent fermés tout en transportant un courant permanent sans interruption pendant de longues périodes (qui peuvent être des semaines, des mois, et même des années)

3.3 Éléments constitutifs

3.3.1

contact principal

contact inséré dans le circuit principal d'un disjoncteur et prévu pour supporter, en position de fermeture, le courant du circuit principal

3.3.2

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 des détériorations.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-15-08]

3.3.3

contact de commande

contact inséré dans un circuit de commande d'un disjoncteur et manœuvré mécaniquement par ce disjoncteur

3.3.4

contact auxiliaire

contact inséré dans un circuit auxiliaire et manœuvré mécaniquement par le disjoncteur (par exemple, pour indiquer la position des contacts)

3.3.5

déclencheur

dispositif raccordé mécaniquement à (ou intégré dans) un disjoncteur dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture automatique du disjoncteur

3.3.6

déclencheur à maximum de courant

déclencheur qui actionne avec ou sans retard un disjoncteur lorsque le courant dans 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.

3.3.7

déclencheur à maximum de courant à temps inverse

déclencheur à maximum de courant qui fonctionne après un intervalle de temps qui varie en raison inverse de la valeur de la surintensité

Note 1 à l'article: Un tel déclencheur peut être prévu pour que le retard atteigne une valeur minimale définie pour des valeurs élevées de la surintensité.

3.3.8

déclencheur direct à maximum de courant

déclencheur à maximum de courant alimenté directement par le courant dans le circuit principal d'un disjoncteur

3.3.9

déclencheur de surcharge

déclencheur à maximum de courant destiné à la protection contre les surcharges

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

3.3.11

partie conductrice accessible

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 métalliques, les poignées de manœuvre métalliques, etc.

3.3.12

borne

partie conductrice d'un dispositif prévue pour la connexion et la déconnexion aux circuits extérieurs

3.3.12.1

borne à vis

borne pour le raccordement et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé directement ou indirectement au moyen de vis ou d'écrous de toutes sortes

3.3.12.2

borne à trou

borne de type à vis dans laquelle le conducteur est introduit dans un trou ou une cavité, et y est serré par le bout de la vis

Note 1 à l'article: La pression de serrage peut être appliquée directement par le bout de la vis ou par l'intermédiaire d'une pièce de serrage sur laquelle s'exerce la pression du bout de la vis.

Note 2 à l'article: Des exemples de bornes à trou sont donnés à l'Annexe F, Figure F.1.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-22]

3.3.12.3

borne à serrage sous tête de vis

borne dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous la tête d'une ou plusieurs vis, la pression de serrage pouvant être appliquée directement par la tête de la vis ou au moyen d'une partie intermédiaire, telle qu'une rondelle, une plaquette ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper

Note 1 à l'article: Des exemples de bornes à vis sont donnés à l'Annexe F, Figure F.2.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-08]

3.3.12.4

borne à goujon fileté

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous un écrou

Note 1 à l'article: La pression de serrage peut être appliquée directement par un écrou de forme appropriée ou au moyen d'un organe intermédiaire, tel qu'une rondelle, une plaquette ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper

Note 2 à l'article: Des exemples de bornes à goujon fileté sont donnés à l'Annexe F, Figure F.2.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-23]

3.3.12.5**borne à plaquette**

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous une plaquette au moyen de deux ou plusieurs vis ou écrous

Note 1 à l'article: Des exemples de bornes à plaquette sont donnés à l'Annexe F, Figure F.3.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-09]

3.3.12.6**borne pour cosses et barrettes**

borne à vis prévue pour serrer une cosse ou une barrette directement ou indirectement au moyen d'une vis ou d'un écrou

Note 1 à l'article: Des exemples de bornes pour cosses et barrettes sont donnés à l'Annexe F, Figure F.4.

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-16]

3.3.12.7**borne sans vis**

borne de connexion permettant le raccordement et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé directement ou indirectement au moyen de ressorts, pièces formant coin, excentriques ou cônes, etc., sans préparation spéciale du conducteur autre que l'enlèvement de l'isolant

[SOURCE: IEC 60050-442:1984, 442-06-13 modifiée par ajout de la dernière partie du texte]

3.3.12.8**borne enfichable**

borne dont la connexion et la déconnexion peuvent être réalisées sans déplacer les conducteurs du circuit correspondant

Note 1 à l'article: La connexion est réalisée sans l'emploi d'un outil et est assurée par l'élasticité des parties fixes et/ou mobiles et/ou par des ressorts

3.3.13**vis autotaraudeuse**

vis réalisée dans un matériau présentant une plus grande résistance à la déformation que celle du matériau dans lequel est réalisée la cavité quand celle-ci y est insérée par rotation.

Note 1 à l'article: La vis est réalisée avec un filetage conique, la conicité étant appliquée au diamètre du noyau du filetage à la section terminale de la vis.

Note 2 à l'article: Le filetage résultant de la mise en place de la vis n'est formé de façon sûre qu'après avoir effectué un nombre suffisant de révolutions dépassant le nombre de filets de la section conique

3.3.13.1**vis autotaraudeuse par déformation**

vis autotaraudeuse ayant un filet ininterrompu

Note 1 à l'article: La fonction de ce filetage n'est pas d'enlever du matériau de la cavité

Note 2 à l'article: Un exemple de vis autotaraudeuse par déformation est donné à la Figure 1.

3.3.13.2**vis autotaraudeuse à découpe**

vis autotaraudeuse ayant un filet non continu. Ce filetage est destiné à enlever du matériau de la cavité

Note 1 à l'article: Un exemple de vis autotaraudeuse à découpe est donné à la Figure 2.

3.4 Conditions de fonctionnement

3.4.1

manœuvre de fermeture

manœuvre par laquelle on fait passer le disjoncteur de la position d'ouverture à la position de fermeture

3.4.2

manœuvre d'ouverture

manœuvre par laquelle on fait passer le disjoncteur de la position de fermeture à la position d'ouverture

3.4.3

manœuvre dépendante manuelle

manœuvre effectuée uniquement au moyen d'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 60050-441:1984, 441-16-13]

3.4.4

manœuvre indépendante manuelle

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 60050-441:1984, 441-16-16]

3.4.5

disjoncteur à déclenchement libre

disjoncteur dont les contacts mobiles reviennent en position d'ouverture et y demeurent, quand la manœuvre d'ouverture automatique 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.

3.5 Grandeurs caractéristiques

NOTE Sauf spécification contraire, toutes les valeurs de courant et de tension sont des valeurs efficaces.

3.5.1

valeur assignée

valeur donnée de chacune des grandeurs caractéristiques qui servent à définir les conditions de fonctionnement pour lesquelles le disjoncteur a été conçu et réalisé

3.5.2

courant présumé

courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle du disjoncteur était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

Note 1 à l'article: Le courant présumé peut être qualifié de la même façon qu'un courant réel, par exemple courant présumé coupé, courant de crête présumé.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-01, modifiée – "la totalité du dispositif de connexion ou du fusible" a été remplacé par "le disjoncteur".]

3.5.3

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 disjoncteur idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément d'une valeur infinie à une valeur nulle. Pour les circuits dans lesquels le courant peut suivre plusieurs voies, par exemple dans les circuits polyphasés, elle implique de plus que le courant est établi simultanément dans tous les pôles, même le courant dans un seul pôle est pris en considération.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-02]

3.5.4

valeur maximale de crête du courant présumé

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 disjoncteur multipolaire dans un circuit polyphasé, la valeur maximale de crête du courant présumé ne se rapporte qu'à un seul pôle.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-04]

3.5.5

pouvoir de fermeture et de coupure en court-circuit

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le disjoncteur, par conception, établit pendant le temps d'ouverture et interrompt dans des conditions spécifiées

3.5.5.1

pouvoir de coupure limite en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions de fonctionnement prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée ne comprennent pas l'aptitude du disjoncteur à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.5.5.2

pouvoir de coupure de service en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée comprennent l'aptitude du disjoncteur à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.5.6

courant coupé

courant dans un pôle du disjoncteur évalué à l'instant de l'amorçage de l'arc au cours d'une coupure

3.5.7

tension appliquée

tension qui existe entre les bornes d'un pôle d'un disjoncteur immédiatement avant l'établissement du courant

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique à un dispositif unipolaire. Pour un dispositif multipolaire, la tension appliquée est la tension aux bornes d'alimentation du dispositif.

3.5.8

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes d'un pôle de disjoncteur après l'interruption du courant

Note 1 à l'article: Cette tension peut être prise en considération dans deux intervalles de temps successifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi par un second intervalle durant lequel seule la tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en régime établi existe.

Note 2 à l'article: Cette définition s'applique à un dispositif unipolaire. Pour un dispositif multipolaire, la tension de rétablissement est la tension aux bornes d'alimentation du dispositif.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-25, modifiée – La Note 2 à l'article a été ajoutée.]

3.5.8.1

tension transitoire de rétablissement

tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable

Note 1 à l'article: La tension transitoire peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et du disjoncteur. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre du circuit polyphasé.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-26, modifiée – La Note 2 a été supprimée.]

3.5.8.2

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-27]

3.5.9

durée d'ouverture

durée mesurée à partir de l'instant où, le disjoncteur étant en position de fermeture, le courant atteint, dans le circuit principal, la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc dans tous les pôles

Note 1 à l'article: Le temps d'ouverture est communément assimilé au temps de déclenchement, quoique, au sens strict, le temps de déclenchement soit le temps qui s'écoule entre l'instant du commencement du temps d'ouverture et l'instant auquel la commande d'ouverture devient irréversible.

3.5.10

durée d'arc

3.5.10.1

durée d'arc d'un pôle

intervalle de temps entre l'instant de début de l'arc sur un pôle et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-37, modifiée – "ou sur un fusible" et "ou ce fusible" ont été supprimés.]

3.5.10.2

durée d'arc d'un disjoncteur multipolaire

intervalle de temps entre l'instant du premier début d'un arc et l'instant de l'extinction finale sur tous les pôles

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-38]

3.5.11

durée de coupure

intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture d'un disjoncteur et la fin de la durée d'arc

3.5.12

I^2t

intégrale de Joule

intégrale du carré du courant pendant un intervalle de temps donné

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

3.5.13**caractéristique I^2t d'un disjoncteur**

courbe donnant les valeurs maximales de I^2t en fonction du courant présumé dans des conditions spécifiées de fonctionnement

3.5.14**coordination entre dispositifs de protection contre les surintensités placés en série****3.5.14.1****coordination pour la protection contre les surintensités des dispositifs de protection à maximum de courant**

coordination de deux ou plusieurs dispositifs de protection contre les surintensités en série pour assurer la sélectivité et/ou la protection d'accompagnement

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.22]

3.5.14.2**sélectivité lors d'une surintensité**

coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de plusieurs dispositifs de protection à maximum de courant en série de telle façon qu'à l'apparition de surintensités comprises dans des limites données, le dispositif prévu pour fonctionner dans ces limites fonctionne, tandis que le ou les autres ne fonctionnent pas

[SOURCE: IEC 60947-2:2006/AMD2:2013, 2.17.1]

3.5.14.3**protection d'accompagnement**

coordination, pour la protection contre les surintensités, de deux dispositifs de protection à maximum de courant 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

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.24]

3.5.14.4**sélectivité totale**

sélectivité lors d'une surintensité dans laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection aval assure la protection sans provoquer le fonctionnement de l'autre dispositif de protection

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.2]

3.5.14.5**sélectivité partielle**

sélectivité lors d'une surintensité dans laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection aval assure la protection jusqu'à un niveau donné de surintensité sans provoquer le fonctionnement de l'autre dispositif de protection

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.3]

3.5.14.6**courant limite de sélectivité**

I_s

valeur de courant correspondant à l'intersection de la caractéristique totale temps-courant du dispositif de protection placé en aval avec la caractéristique temps-courant de préarc (pour les fusibles) ou de déclenchement (pour les disjoncteurs) de l'autre dispositif de protection

Note 1 à l'article: Le courant limite de sélectivité (voir Figure D.1) est une valeur limite de courant

- en dessous de laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection aval achève sa manœuvre de coupure en temps voulu pour empêcher l'autre dispositif de protection d'amorcer sa manœuvre (c'est-à-dire que la sélectivité est assurée);
- au-dessus de laquelle, en présence de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection aval peut ne pas achever sa manœuvre de coupure en temps voulu pour empêcher l'autre dispositif de protection d'amorcer sa manœuvre (c'est-à-dire que la sélectivité n'est pas assurée)

[SOURCE: IEC 60947-2:2006, 2.17.4]

3.5.14.7 courant d'intersection

I_B

valeur du courant correspondant à l'intersection des caractéristiques temps-courant de deux dispositifs de protection à maximum de courant

Note 1 à l'article: Le courant d'intersection est la coordonnée courant de l'intersection des caractéristiques temps maximal de coupure/courant de deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-16]

3.5.14.8 courant de court-circuit conditionnel (d'un circuit ou d'un dispositif de connexion)

courant présumé qu'un circuit ou un dispositif 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: Dans le cadre de la présente Norme, le dispositif de protection contre les courts-circuits est généralement un disjoncteur ou un fusible.

Note 2 à l'article: Cette condition diffère de la définition 441-17-20 de l'IEC 60050-441:1984 par l'élargissement de la notion du dispositif limiteur de courant à celle d'un dispositif de protection contre les courts-circuits dont la fonction n'est pas seulement de limiter le courant.

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.5.29]

3.5.14.9 courant assigné de court-circuit conditionnel

I_{nc}

valeur de courant présumé, fixée 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'essais spécifiées dans la norme de matériel correspondante

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 4.3.6.4]

3.5.15 courant conventionnel de non-déclenchement

I_{nt}

valeur spécifiée de courant que peut supporter un disjoncteur pendant une durée spécifiée (durée conventionnelle) sans déclencher

3.5.16 courant conventionnel de déclenchement

I_t

valeur spécifiée du courant qui provoque le déclenchement du disjoncteur avant l'expiration d'une durée spécifiée (durée conventionnelle)

3.5.17**courant de déclenchement instantané**

valeur minimale du courant provoquant le fonctionnement automatique du disjoncteur sans temporisation intentionnelle

3.6 Définitions relatives à la coordination de l'isolement**3.6.1****coordination de l'isolement**

correspondance mutuelle des caractéristiques d'isolement du matériel électrique en tenant compte du micro-environnement prévu et des autres contraintes ayant une influence

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.1]

3.6.2**tension locale**

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu qui peut apparaître à travers n'importe quelle isolation lorsqu'un matériel est alimenté sous la tension assignée

Note 1 à l'article: Les surtensions transitoires sont négligées.

Note 2 à l'article: Il est tenu compte à la fois des conditions à vide et des conditions normales de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.5]

3.6.3**surtension**

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent dans les conditions normales de fonctionnement

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.7]

3.6.4**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

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.1]

3.6.5**catégorie de surtension**

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.10, modifiée – Les notes ont été supprimées.]

3.6.6**macroenvironnement**

environnement de la pièce ou de tout autre endroit où le matériel est installé ou utilisé

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.12.1]

3.6.7**microenvironnement**

environnement immédiat de l'isolation qui influence en particulier le dimensionnement des lignes de fuite

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.12.2]

3.6.8

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité électrique ou de la résistivité de surface de l'isolation

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.11]

3.6.9

degré de pollution

nombre caractérisant la pollution prévue du microenvironnement

Note 1 à l'article: Le degré de pollution auquel l'équipement est exposé peut être différent de celui du macro-environnement dans lequel se trouve l'équipement du fait de la protection procurée par des moyens, tels qu'enveloppe ou chauffeferre interne empêchant l'absorption ou la condensation d'humidité.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.13, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.6.10

sectionnement

fonction de sectionnement

fonction destinée à assurer la mise hors tension de tout ou partie d'une installation en séparant l'installation ou une partie de l'installation de toute source d'énergie électrique, pour des raisons de sécurité

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19.]

3.6.11

distance de sectionnement

<d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion> distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux prescriptions de sécurité concernant les sectionneurs

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35]

3.6.12

distance d'isolement

plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces parties conductrices (voir Annexe B)

Note 1 à l'article: Pour la détermination d'une distance d'isolement pour des parties accessibles, la surface accessible d'une enveloppe isolante est considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 8.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-31, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.6.13

ligne de fuite

distance la plus courte, le long de la surface d'un isolant, entre deux parties conductrices

Note 1 à l'article: Voir Annexe B.

Note 2 à l'article: Pour la détermination d'une ligne de fuite pour des parties accessibles, la surface accessible d'une enveloppe isolante est considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 8.

[SOURCE: IEC 60050-151:1984, 151-15-50 modifiée – Les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées.]

4 Classification

4.1 Généralités

Les disjoncteurs sont classés en fonction de plusieurs critères.

4.2 D'après le nombre de pôles:

- disjoncteur unipolaire;
- disjoncteur bipolaire avec un pôle protégé;
- disjoncteur bipolaire avec deux pôles protégés;
- disjoncteur tripolaire avec trois pôles protégés;
- disjoncteur tétrapolaire avec trois pôles protégés;
- disjoncteur tétrapolaire avec quatre pôles protégés.

NOTE Le pôle qui n'est pas un pôle protégé peut être

- "non protégé" (voir 3.2.7.2), ou
- "pôle neutre de sectionnement" (voir 3.2.7.3).

4.3 D'après la protection contre les influences externes:

- type fermé (ne nécessitant pas une enveloppe appropriée),
- type ouvert (pour utilisation avec une enveloppe appropriée).

4.4 D'après la méthode de montage:

- en saillie;
- encastré;
- en tableau, appelé aussi en tableau de distribution.

NOTE Ces types peuvent être destinés à être montés sur rails.

4.5 D'après les modes de connexion

4.5.1 D'après le mode de fixation:

- disjoncteurs dont les connexions électriques ne sont pas associées au dispositif de connexion mécanique;
- disjoncteurs dont les connexions électriques sont associées au dispositif de connexion mécanique.

NOTE Exemples de ce type:

- le type enfichable;
- le type à fixation par boulons;
- le type à fixation par vis.

Certains disjoncteurs peuvent être du type enfichable ou à raccordement par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant utilisées habituellement pour le raccordement des conducteurs.

4.5.2 D'après le type de bornes:

- disjoncteurs avec bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre;
- disjoncteurs avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 1 Les exigences pour les disjoncteurs ayant ce type de bornes sont données à l'Annexe J.

- disjoncteurs avec bornes plates à connexion rapide pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 2 Les exigences pour les disjoncteurs ayant ce type de bornes sont données à l'Annexe K.

- disjoncteurs avec bornes à vis pour conducteurs externes en aluminium;

NOTE 3 Les exigences pour les disjoncteurs ayant ce type de bornes sont données à l'Annexe L.

4.6 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.5.17)

- type B;
- type C;
- type D.

NOTE Le choix d'un type particulier peut dépendre des règles d'installation.

4.7 D'après la caractéristique I^2t

En supplément à la caractéristique I^2t fournie par le fabricant, les disjoncteurs peuvent être classifiés selon leur caractéristique I^2t .

5 Caractéristiques des disjoncteurs

5.1 Liste des caractéristiques

Les caractéristiques d'un disjoncteur doivent être énoncées comme suit:

- nombre de pôles (voir 4.2);
- protection contre les influences externes (voir 4.3);
- méthode de montage (voir 4.4);
- méthode de connexion (voir 4.5);
- valeur de la tension d'emploi assignée (voir 5.3.1);
- valeur du courant assigné (voir 5.3.2);
- valeur de la fréquence assignée (voir 5.3.3);
- plage du courant de déclenchement instantané (voir 4.5 et 5.3.5);
- valeur du pouvoir de coupure assigné (voir 5.3.4);
- caractéristique I^2t (voir 3.5.13);
- classification d'après la caractéristique I^2t (voir 4.6).

5.2 Grandeurs assignées

5.2.1 Tensions assignées

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

La tension d'emploi assignée d'un disjoncteur (appelée par la suite tension assignée) est la valeur de la tension, indiquée par le fabricant, à laquelle se rapportent ses performances (en particulier celles en court-circuit).

NOTE Plusieurs tensions assignées et par suite plusieurs pouvoirs de coupure peuvent être attribués à un même disjoncteur.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un disjoncteur est la valeur de la tension, attribuée par le fabricant, à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite.

Sauf spécification contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du disjoncteur. En aucun cas la tension maximale assignée ne doit dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un disjoncteur doit être égale ou supérieure aux valeurs normalisées de la tenue aux tensions de choc assignée données dans le Tableau 3.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Courant indiqué par le fabricant comme étant le courant que le disjoncteur est conçu pour supporter en service ininterrompu (voir 3.2.14), à une température ambiante de référence spécifiée.

La température ambiante de référence normale est de 30 °C. Si une température ambiante de référence différente est utilisée pour le disjoncteur, son effet sur la protection des câbles contre les surcharges doit être pris en compte, puisque cette protection est aussi basée sur une température ambiante de référence de 30 °C en conformité avec les règles d'installation.

NOTE La température ambiante de référence pour la protection des câbles contre les surcharges a été fixée à 25 °C selon l'IEC 60364.

5.2.3 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un disjoncteur est la fréquence industrielle pour laquelle le disjoncteur est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

Plusieurs fréquences assignées peuvent être attribuées à un même disjoncteur.

5.2.4 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})

Le pouvoir de coupure assigné d'un disjoncteur est la valeur efficace du pouvoir de coupure limite en court-circuit (voir 3.5.5.1) attribuée au disjoncteur par le fabricant.

NOTE À un pouvoir de coupure assigné donné correspond pour le disjoncteur un pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs}) (voir Tableau 17).

5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné d'un pôle individuel (I_{cn1})

La valeur du pouvoir de fermeture et de coupure en court-circuit de chaque pôle protégé individuel des disjoncteurs multipolaires.

NOTE La quantité assignée correspondante de DD est le pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$ (voir 5.2.7 de l'IEC 61009-1:2010).

Les valeurs normalisées sont celles spécifiées en 5.3.4.1.

5.3 Valeurs normales et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée

Les valeurs préférentielles des tensions assignées sont données au Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs préférentielles de la tension assignée

Disjoncteurs	Circuit alimentant le disjoncteur Voir aussi IEC 60364-1	Tension assignée des disjoncteurs pour emploi dans les systèmes 230 V, 230/400 V, 400 V V	Tension assignée des disjoncteurs pour emploi dans les systèmes 120/240 V, 240 V V
Unipolaire	Monophasé (phase à neutre ou phase à phase)	230	
	Triphasé (4 fils)	230	
	Monophasé (phase au conducteur milieu à la terre, ou phase à neutre)		120 240
	Monophasé (phase à neutre) ou triphasé en utilisant trois disjoncteurs unipolaires (3 fils ou 4 fils)	230/400	
Bipolaire	Monophasé (phase à neutre ou phase à phase)	230	
	Monophasé (phase à phase)	400	240
	Monophasé (phase à phase, 3 fils)		120/240
	Triphasé (4 fils)	230	
Tripolaire	Triphasé (3 fils ou 4 fils)	400	240
	Monophasé (3 fils)		120/240
Tétrapolaire	Triphasé (4 fils)	400	
NOTE 1 Dans l'IEC 60038, la valeur de la tension de réseau 230/400 V a été normalisée. Cette valeur remplace progressivement les valeurs 220/380 V et 240/415 V. NOTE 2 Partout où il est fait référence à 230 V ou 400 V dans cette norme, ces valeurs peuvent être lues, respectivement, 220 V ou 240 V et 380 V ou 415 V. NOTE 3 Partout où il est fait référence à 120 V, 240 V ou 120/240 V dans cette norme, ces valeurs peuvent être lues, respectivement, à 100 V, 200 V ou 100/200 V.			

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné

Les valeurs préférentielles des courants assignés sont:

6 A, 8 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A, 63 A, 80 A, 100 A et 125 A.

5.3.3 Valeurs normales de la fréquence assignée

Les valeurs normales des fréquences assignées sont 50 Hz et 60 Hz.

5.3.4 Valeurs du pouvoir de coupure assigné

5.3.4.1 Valeurs normales jusqu'à et y compris 10 000 A

Les valeurs normalisées du pouvoir de coupure assigné jusqu'à et y compris 10 000 A sont:

1 500 A, 3 000 A, 4 500 A, 6 000 A, 10 000 A.

NOTE Les valeurs de 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 5 000 A, 7 500 A et 9 000 A, sont également considérées comme normalisées dans certains pays.

Les plages du facteur de puissance correspondantes sont données au 9.12.5.

5.3.4.2 Valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A, la valeur préférentielle est 20 000 A.

La plage du facteur de puissance correspondante est donnée en 9.12.5.

5.3.5 Plages normales de déclenchement instantané

Les plages normales de déclenchement instantané sont indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Plages de déclenchement instantané

Type	Plage
B	Au-dessus de $3 I_n$ et jusqu'à $5 I_n$ inclus
C	Au-dessus de $5 I_n$ et jusqu'à $10 I_n$ inclus
D	Au-dessus de $10 I_n$ et jusqu'à $20 I_n^a$ inclus
^a Pour des cas spéciaux, des valeurs jusqu'à $50 I_n$ peuvent également être utilisées.	

5.3.6 Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 3 donne les valeurs normalisées des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 3 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tension nominale de l'installation	
	Systèmes triphasés V	Système monophasé avec point milieu à la terre V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400, 250/440	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir Tableau 14.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir Tableau 13.		
^a Les valeurs 3 kV et 5 kV respectivement sont utilisées pour vérifier les distances de sectionnement à travers les contacts ouverts à l'altitude de 2 000 m (voir Tableau 4 et Tableau 13).		
^b Pour pratique d'installation au Japon.		
^c Pour pratique d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.		

6 Marquage et autres informations sur le produit

Chaque disjoncteur doit porter de façon indélébile les indications suivantes:

- le nom du fabricant ou sa marque de fabrique;
- la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série;
- la ou les tensions assignées;

- d) le courant assigné sans le symbole "A" précédé du symbole de déclenchement instantané (B, C ou D), par exemple B 16;
- e) la fréquence assignée, si le disjoncteur est prévu pour une seule fréquence (voir 5.3.3);
- f) le pouvoir de coupure assigné, en ampères;
- g) le schéma de connexion, à moins que le mode de connexion ne soit évident;
- h) la température ambiante de référence, si elle est différente de 30 °C;
- i) le degré de protection (seulement s'il diffère de IP20);
- j) Pour les disjoncteurs de type D: le courant de déclenchement instantané maximal, s'il est supérieur à 20 I_n , (voir Tableau 2);
- k) la tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} , si elle est égale à 2,5 kV.
- l) le pouvoir de fermeture et de coupure d'un pôle protégé individuel de disjoncteurs multipolaires (I_{cn1}), si différent de I_{cn} .

L'indication mentionnée en d) doit être visible quand le disjoncteur est installé. Si, pour les petits dispositifs, l'espace disponible est insuffisant, les indications a), b), c), e), f), h), i), j) et l) peuvent être placées sur le côté ou l'arrière du disjoncteur. L'indication g) peut être placée à l'intérieur de tout couvercle qui doit être enlevé pour la connexion des câbles d'alimentation. Elle ne doit pas être sur une étiquette volante attachée au disjoncteur. Toute autre information non marquée doit être donnée dans la documentation du fabricant.

L'aptitude au sectionnement, qui est assurée par tous les disjoncteurs de la présente Norme, peut être indiquée par le symbole  (IEC 60417-6169-1) sur le dispositif. S'il est marqué sur le dispositif, il peut être inclus dans un schéma de câblage, où il peut être combiné avec les symboles d'autres fonctions, par exemple protection contre les surcharges ou autres symboles de l'IEC 60417. Lorsque le symbole est utilisé seul (c'est-à-dire pas dans un schéma de câblage), la combinaison avec les symboles d'autres fonctions n'est pas permise.

NOTE 1 Dans les pays suivants: DK, FI, NO, SE et ZA, le symbole sur le disjoncteur est obligatoire pour indiquer que le dispositif assure le sectionnement de l'installation en aval. Dans ces pays, le symbole doit être visible clairement et sans ambiguïté lorsque le disjoncteur est installé comme en service normal et que l'organe de manœuvre est accessible.

NOTE 2 En Australie, ce marquage est obligatoire, mais il n'est pas exigé qu'il soit visible une fois installé.

Si un degré de protection plus élevé que IP20 selon l'IEC 60529 est marqué sur le dispositif, celui-ci doit y satisfaire, quelle que soit la méthode d'installation. Si le degré de protection plus élevé est obtenu par une méthode spécifique d'installation et/ou en employant des accessoires particuliers (tels que couvre-bornes, enveloppes, etc.), cela doit être spécifié dans les ouvrages de référence du fabricant.

Le fabricant doit fournir, sur demande, la caractéristique I^2t (voir 3.5.13).

Le fabricant peut indiquer la classification I^2t (voir 4.7) et marquer les disjoncteurs en conséquence.

Pour les disjoncteurs autres que ceux manœuvrés par un bouton-poussoir, la position d'ouverture doit être indiquée par le symbole O (un cercle) IEC 60417-5008 et la position de fermeture par le symbole I (un court trait vertical) IEC 60417-5007. Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. L'usage exclusif des symboles nationaux est provisoirement admis. Ces indications doivent être facilement visibles quand le disjoncteur est installé.

Pour les disjoncteurs manœuvrés au moyen de deux boutons-poussoirs, le bouton-poussoir prévu pour la manœuvre d'ouverture uniquement doit être rouge et/ou marqué du symbole O (IEC 60417-5008).

Le rouge ne doit être employé pour aucun autre bouton-poussoir du disjoncteur.

Si un bouton-poussoir est utilisé pour fermer les contacts et est identifié comme tel de façon évidente, sa position enfoncée suffit à indiquer la position de fermeture.

Si un bouton-poussoir unique est employé pour fermer et ouvrir les contacts et est identifié comme tel, le bouton restant dans sa position enfoncée suffit à indiquer la position de fermeture. Si, au contraire, le bouton ne reste pas enfoncé, un organe supplémentaire indiquant la position des contacts doit être prévu.

Pour les disjoncteurs à calibres multiples, la valeur maximale doit apparaître sur le marquage comme indiqué en d) et, de plus, la valeur pour laquelle le disjoncteur est réglé doit être indiquée sans ambiguïté.

S'il est nécessaire de distinguer entre les bornes d'alimentation et les bornes de sortie, les premières doivent être marquées de flèches dirigées vers le disjoncteur et les dernières de flèches orientées vers l'extérieur du disjoncteur.

Les bornes destinées exclusivement au neutre doivent être marquées de la lettre N.

Les bornes de mise à terre, s'il en existe, doivent être marquées du symbole  (IEC 60417-5019).

NOTE 3 Le symbole  , (IEC 60417-5017) précédemment recommandé est progressivement remplacé par le symbole préférentiel IEC 60417-5019 indiqué ci-dessus.

Le marquage doit être indélébile et facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles détachables ou autres parties amovibles.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.3.

7 Conditions normales de fonctionnement en service

7.1 Généralités

Les disjoncteurs satisfaisant à la présente Norme doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales suivantes.

7.2 Plage de température ambiante de l'air

La température ambiante de l'air n'excède pas +40 °C et sa moyenne sur une période de 24 h n'excède pas +35 °C.

La limite inférieure de la température ambiante de l'air est –5 °C.

Les disjoncteurs destinés à être utilisés à une température ambiante de l'air supérieure à +40 °C (en particulier dans les pays tropicaux) ou inférieure à –5 °C doivent être conçus spécialement ou utilisés conformément aux indications figurant dans la documentation du fabricant.

7.3 Altitude

En général, l'altitude du lieu d'installation n'excède pas 2 000 m (6 600 pieds).

Pour les installations à des altitudes supérieures, la diminution de la rigidité diélectrique et l'effet réfrigérant de l'air doivent être pris en compte. Les disjoncteurs prévus pour fonctionner dans ces conditions doivent être spécialement conçus ou utilisés conformément à un accord

entre fabricant et utilisateur. Les renseignements donnés dans la documentation du fabricant peuvent tenir lieu d'un tel accord.

7.4 Conditions atmosphériques

L'air est propre et son humidité relative ne dépasse pas 50 % à une température maximale de +40 °C.

Des humidités relatives supérieures peuvent être admises à des températures plus basses, par exemple 90 % à +20 °C.

Il convient de tenir compte des condensations modérées qui peuvent se produire occasionnellement lors de variations de température, par des moyens appropriés (par exemple trous de drainage).

7.5 Conditions d'installation

Le disjoncteur doit être installé selon les instructions du fabricant.

7.6 Degré de pollution

Les disjoncteurs de cette norme sont destinés à des environnements présentant un degré de pollution 2, c'est-à-dire que normalement seule une pollution non conductrice apparaît; occasionnellement; toutefois, une conductivité temporaire causée par de la condensation peut être attendue.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Réalisation mécanique

8.1.1 Généralités

Les disjoncteurs doivent être conçus et réalisés de façon que, en usage normal, leur fonctionnement soit sûr et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

D'une façon générale, la conformité est vérifiée par l'exécution de tous les essais correspondants spécifiés.

8.1.2 Mécanisme

Les contacts mobiles de tous les pôles des disjoncteurs multipolaires doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, excepté le pôle neutre de sectionnement, s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement, même si une surcharge se produit sur un pôle protégé uniquement.

Le pôle neutre de sectionnement (voir 3.2.7.3) des disjoncteurs tétrapolaires ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant les pôles protégés.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par essai manuel, en employant des moyens appropriés (tels qu'indicateurs lumineux, oscilloscope, etc.).

Si un pôle ayant un pouvoir de coupure et de fermeture en court-circuit approprié est utilisé comme pôle neutre et si le fonctionnement du disjoncteur est du type à manœuvre manuelle indépendante (voir 3.4.4), dans ce cas tous les pôles, y compris le pôle neutre, peuvent fonctionner effectivement ensemble.

Les disjoncteurs doivent avoir un mécanisme à déclenchement libre.

La conformité aux exigences ci-dessus est vérifiée par examen visuel et essai manuel et, pour le mécanisme à déclenchement libre, par les essais de 9.10.3.

Il doit être possible d'ouvrir et de fermer le disjoncteur à la main. Pour les disjoncteurs du type enfichable sans organe de manœuvre, cette exigence n'est pas considérée comme satisfaite par le fait que le disjoncteur peut être retiré de son socle.

Les disjoncteurs doivent être construits de telle façon que les contacts mobiles puissent rester uniquement en position de fermeture (voir 3.2.8) ou d'ouverture (voir 3.2.9), même lorsque l'organe de manœuvre est abandonné dans une position intermédiaire.

Les disjoncteurs en position d'ouverture (voir 3.2.9) doivent avoir une distance de sectionnement qui respecte les exigences nécessaires pour satisfaire à la fonction sectionnement (voir 8.3). L'indication de la position d'ouverture ou de fermeture des contacts principaux doit être fournie par un ou les deux moyens suivants:

- la position de l'organe de manœuvre, cette solution étant préférée, ou
- un indicateur mécanique séparé.

Si un indicateur mécanique séparé est utilisé pour indiquer la position des contacts principaux, il doit être de couleur rouge pour la position de fermeture et de couleur verte pour la position d'ouverture.

Les moyens d'indication de la position des contacts doivent être fiables.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.10.3.

Les disjoncteurs doivent être conçus de telle façon que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis correctement en place que de la façon qui assure une indication correcte de la position des contacts.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.12.12.1 et 9.12.12.2.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement prendre ou rester dans la position correspondant à celle du ou des contacts mobiles; dans ce cas, l'organe de manœuvre doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts mais, pour l'ouverture automatique, une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être prévue.

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou des capots et doit être indépendant de toute partie amovible.

Un couvercle scellé en place par le fabricant est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons-poussoirs, il ne doit pas être possible d'enlever les boutons de l'extérieur du disjoncteur.

Les organes de manœuvre doivent être solidement fixés sur leurs axes et il ne doit pas être possible de les retirer sans l'aide d'un outil. Les organes de manœuvre directement fixés aux capots sont permis.

Si l'organe de manœuvre possède un mouvement de haut en bas et de bas en haut, lorsque le disjoncteur est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

NOTE 1 Provisoirement, dans certains pays, le mouvement de fermeture du haut vers le bas est permis.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par un essai à la main.

Lorsque des moyens de verrouillage de l'équipement en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le fabricant, le verrouillage dans cette position doit être possible uniquement lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture.

NOTE 2 Le verrouillage de l'organe de manœuvre en position de fermeture est permis pour des applications particulières.

La conformité est vérifiée par examen visuel, en tenant compte des instructions du fabricant.

8.1.3 Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B)

Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales exigées sont données dans le Tableau 4 qui est basé sur le fait que le disjoncteur est conçu pour fonctionner dans un environnement avec le degré de pollution 2.

La conformité pour le point 1 du Tableau 4 est vérifiée par mesure et par l'essai des Articles 9.7.5.4.1 et 9.7.5.4.2. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité décrit en 9.7.1.

Les distances d'isolement des points 2 et 4 (à l'exception des surfaces accessibles après l'installation, voir Note 1) peuvent être réduites à condition que les distances d'isolement mesurées ne soient pas plus courtes que le minimum autorisé dans l'IEC 60664-1 pour les conditions de champs homogènes.

NOTE 1 Une surface accessible après l'installation est une surface accessible par l'utilisateur lorsque le dispositif à courant différentiel résiduel est installé conformément aux instructions du fabricant. Le doigt d'essai peut être appliqué pour déterminer si une surface est accessible ou non.

Dans ce cas, après le traitement d'humidité décrit en 9.7.1, la conformité pour les points 2 et 4 et les dispositions du 9.7.2 points b), c), d) et e) est vérifiée dans l'ordre suivant:

- Essais selon 9.7.2 à 9.7.4 selon le cas,
- Essai selon 9.7.5.2 appliqué avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 13 et avec les dispositions d'essai de 9.7.2 points b), c), d), e).

Si les mesures ne montrent aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.5.2 n'est pas appliqué.

La conformité pour le point 3 dans le Tableau 4 est vérifiée par mesure.

Les matériaux isolants sont classifiés en groupes de matériaux sur la base de leur indice de résistance au cheminement (IRC) conformément à 4.8.1 de l'IEC 60664-1:2007.

Tableau 4 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales

	Distances d'isolement minimales mm			Lignes de fuite minimales ^{e, f} mm											
				Groupe IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Groupe II (400 V ≤ IRC < 600 V) ^d				Groupe I (600 V ≤ IRC) ^d			
	Tension assignée V			Tension de service ^e V											
	U_{imp}														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. entre parties actives qui sont séparées lorsque les contacts sont en position d'ouverture ^{a,j}	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. entre parties actives de polarité différente ^{a,j}	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. entre circuits alimentés par des sources différentes, l'une d'elles étant en TBTP ou TBTS ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Tension assignée V											
				120 / 240	230 / 400		120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400		
4. entre parties actives et – les surfaces accessibles des organes de manœuvre – les vis ou autres organes de fixation des capots qui doivent être retirés lors de la fixation du disjoncteur – la surface sur laquelle le disjoncteur est monté ^b – les vis ou les autres organes de fixation du disjoncteur ^b – les couvercles ou boîtes métalliques ^b – les autres parties métalliques accessibles ^c – les bâtis métalliques supportant des disjoncteurs de type à encastrer	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0		1,5		3,0		1,5		3,0		

NOTE 1 Les valeurs données pour 400 V sont aussi valables pour 440 V.

NOTE 2 Les parties du chemin du neutre, s'il existe, sont considérées comme des parties actives.

Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre les parties actives de polarité différentes des disjoncteurs, par exemple de type enfichable placés les uns à côté des autres.

- ^a Pour les contacts auxiliaires et de commande, les valeurs sont données dans la norme correspondante.
- ^b Les valeurs sont doublées si les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le disjoncteur est monté ne dépendent pas seulement de la conception du disjoncteur, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque le disjoncteur est monté dans la position la plus défavorable.
- ^c Y compris une feuille métallique en contact avec des surfaces en matériau isolant qui sont accessibles après installation pour usage normal. La feuille est poussée dans les coins, les rainures, etc., au moyen d'un doigt d'essai rigide et rectiligne conformément à 9.6 (voir Figure 8).
- ^d Voir IEC 60112.
- ^e L'interpolation est admise lors de la détermination de lignes de fuite correspondant à des valeurs de tension intermédiaires par rapport à celles listées comme tension de service. Lors de l'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs prises à partir des tables. Pour la détermination des lignes de fuite, voir l'Annexe B.
- ^f Les lignes de fuite ne peuvent pas être inférieures aux distances d'isolement associées.
- ^g Pour couvrir toutes les tensions, y compris la TBT d'un contact auxiliaire.
- ^h Pour le groupe de matériel IIIb ($100 \text{ V} \leq \text{IRC} < 175 \text{ V}$), les valeurs pour le groupe IIIa, multipliées par 1,6, s'appliquent.
- ⁱ Pour des tensions de service jusqu'à 25 V inclus, une référence à l'IEC 60664-1 peut être faite.
- ^j Les distances d'isolement entre les parties métalliques dans la chambre de coupure peuvent être inférieures à 1 mm si la somme des distances est supérieure à la distance prescrite au point 1 du Tableau 4.

8.1.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.1.4.1 Les assemblages mécaniques et connexions électriques doivent être capables de résister aux efforts mécaniques qui se produisent en service normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du disjoncteur lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis ou écrous mis en œuvre lors du montage du disjoncteur comprennent les vis pour la fixation des capots ou des plaques de recouvrement, mais non les moyens de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base d'un disjoncteur.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.4.

NOTE 2 Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais de 9.8, 9.9, 9.12, 9.13 et 9.14.

8.1.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matériau isolant et qui sont mises en œuvre lors du montage du disjoncteur pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par un essai à la main.

L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.1.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que céramique, mica pur ou autres matériaux présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou fléchissement éventuel du matériau isolant est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le caractère approprié du matériau est examiné par rapport à la stabilité des dimensions.

8.1.4.4 Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, le cas échéant, doivent être faites d'un métal ayant, dans les conditions se produisant dans le dispositif, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion suffisantes pour leur utilisation prévue.

EXEMPLE Des exemples de matériaux appropriés sont donnés ci-après:

- cuivre;
- un alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces façonnées à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- un autre métal ou un métal revêtu de façon appropriée, résistant à la corrosion aussi bien que le cuivre et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou d'alliages ferreux revêtus de façon appropriée, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.16).

Les exigences de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ainsi qu'aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.

8.1.5 Bornes pour conducteurs externes

8.1.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de façon que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis à condition qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à raccordement par boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

La conformité est vérifiée par examen, par les essais de 9.5 pour les bornes à vis, par des essais spécifiques pour les disjoncteurs enfichables ou à raccordement par boulons inclus dans cette norme, ou par les essais des Annexes J ou K, selon celle qui s'applique au type de connexion.

8.1.5.2 Les disjoncteurs doivent comporter:

- soit des bornes qui doivent permettre la connexion des conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées dans le Tableau 5;

NOTE Des exemples de conceptions possibles de bornes à vis sont donnés dans l'Annexe F.

- soit des bornes pour conducteurs extérieurs en aluminium non traité et avec bornes à vis en aluminium pour une utilisation avec du cuivre ou avec des conducteurs en aluminium conformément à l'Annexe L.

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 5 – Sections des conducteurs en cuivre avec propriétés de connexion aux bornes à vis

Courant assigné ^b A		Plage des sections nominales à serrer ^a mm ²	
Supérieure à	Jusqu'à et y compris	Conducteurs (massifs ou câblés ^c) rigides	Conducteurs souples
–	13	1 à 2,5	1 à 2,5
13	16	1 à 4	1 à 4
16	25	1,5 à 6	1,5 à 6
25	32	2,5 à 10	2,5 à 6
32	50	4 à 16	4 à 10
50	80	10 à 25	10 à 16
80	100	16 à 35	16 à 25
100	125	25 à 50	25 à 35

^a Pour des courants assignés, jusqu'à 50 A inclus, les bornes doivent être conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 6 mm² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

^b Une série de disjoncteurs ayant la même conception de base, la même conception et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimum et de la plus grande section pour le courant assigné maximum, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.

^c Des conducteurs câblés rigides doivent être utilisés pour les conducteurs ayant des sections de 1,5 mm² à 50 mm² et doivent être conformes à la classe 2 de l'IEC 60228:2004, relative aux âmes câblées pour câbles monoconducteurs.

NOTE 2 Pour la correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG, voir Annexe G.

8.1.5.3 Les moyens de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de 9.5.

8.1.5.4 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme "préparation spéciale" comprend l'étamage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc. mais non la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.1.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique adéquate. Les vis et les écrous pour le serrage des conducteurs doivent avoir un filetage métrique ISO ou un filetage comparable en pas et résistance mécanique.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de 9.4 et 9.5.2.

NOTE Provisoirement, les filetages SI, BA et UN peuvent être utilisés, car ils sont considérés comme comparables en pas et résistance mécanique au filetage ISO.

8.1.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.5.3.

8.1.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de 9.4 et 9.5.2.

8.1.5.8 Les bornes doivent être conçues ou placées de manière que ni un conducteur à âme massive rigide ni un brin d'un conducteur câblé ne puissent s'échapper lors du serrage des vis ou des écrous.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosse et barrette.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.5.4.

8.1.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, les bornes ne doivent pas prendre de jeu par rapport au disjoncteur.

NOTE 1 Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soit empêché(e), mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences de la présente Norme.

NOTE 2 L'utilisation d'une matière de remplissage ou d'une résine est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que

- la matière de remplissage ou la résine ne soit pas soumise à des contraintes pendant l'usage normal, et que
- l'efficacité de la matière de remplissage ou de la résine ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans la présente Norme.

La conformité est vérifiée par examen, par mesure et par l'essai de 9.4.

8.1.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinées à la connexion des conducteurs de protection doivent être protégés de façon adéquate contre un desserrage accidentel.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

NOTE En général, les modèles de bornes donnés en exemple à l'Annexe F procurent une élasticité suffisante pour satisfaire à cette exigence; pour d'autres modèles, des dispositions spéciales, telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable, qui ne puisse pas être retirée par inadvertance, peuvent être nécessaires.

8.1.5.11 Les bornes à trous doivent permettre l'insertion complète et le serrage fiable du conducteur.

La conformité est vérifiée par examen après avoir introduit et serré à fond un conducteur rigide de la section la plus grande spécifiée pour le courant assigné approprié dans le Tableau 5, en appliquant un couple selon le Tableau 11.

8.1.5.12 Les vis et écrous destinés à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être autotaraudeuses.

8.1.6 Non-interchangeabilité

Pour les disjoncteurs destinés à être montés sur les bases faisant corps avec eux (type enfichable ou à vis), le remplacement d'un disjoncteur monté et équipé de conducteurs ne doit pas pouvoir être effectué sans l'aide d'un outil comme pour un usage normal par un autre dispositif de la même fabrication et de courant assigné plus élevé.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE L'expression "comme pour un usage normal" implique que le disjoncteur est monté conformément aux instructions du fabricant.

8.1.7 Fixation mécanique des disjoncteurs du type enfichable

8.1.7.1 Généralités

La fixation mécanique des disjoncteurs du type enfichable dont le maintien en place ne dépend pas uniquement de leur(s) connexion(s) électriques(s) doit être sûre et avoir une stabilité adéquate.

8.1.7.2 Disjoncteurs du type enfichable, dont le maintien en place ne dépend pas uniquement de leur(s) connexion(s) électrique(s) par enfichage

La conformité de la fixation mécanique est vérifiée par les essais appropriés de 9.13.

8.1.7.3 Disjoncteurs du type enfichable, dont le maintien en place dépend uniquement de leur(s) connexion(s) électrique(s) par enfichage

La conformité de la fixation mécanique est vérifiée par les essais appropriés de 9.13.

8.2 Protection contre les chocs électriques

Les disjoncteurs doivent être conçus de telle façon que, lorsqu'ils sont fixés et équipés de conducteurs comme pour un usage normal (voir note de 8.1.6), les parties actives ne soient pas accessibles.

Une partie est considérée comme "accessible" si elle peut être touchée avec le doigt d'essai (voir 9.6).

Dans le cas des disjoncteurs autres que ceux du type enfichable, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque les disjoncteurs sont fixés et équipés de conducteurs comme pour un usage normal, doivent être soit en matériau isolant, soit entièrement revêtus de matériau isolant, à moins que les parties actives ne soient enfermées dans une enveloppe intérieure en matériau isolant.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ne pas risquer de s'enlever au cours de l'installation des disjoncteurs. Ils doivent avoir une épaisseur et une résistance mécanique suffisantes et doivent assurer une protection efficace aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent soit être en matériau isolant, soit munies de manchons ou dispositifs analogues en matériau isolant. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et avoir une résistance mécanique adéquate.

Dans le cas des disjoncteurs enfichables, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des couvercles, qui sont accessibles en conditions d'usage normal, doivent être en matériau isolant.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices accessibles doivent être revêtues de matériau isolant. Cette exigence ne s'applique pas aux moyens de couplage d'organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles.

Les disjoncteurs enfichables doivent être facilement remplaçables sans toucher aux parties actives.

Le vernis et l'émail ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.6.

8.3 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

8.3.1 Généralités

Les disjoncteurs doivent avoir des propriétés diélectriques adéquates et doivent assurer le sectionnement.

8.3.2 Propriétés diélectriques à fréquence industrielle

Les disjoncteurs doivent avoir des propriétés diélectriques adéquates à fréquence industrielle.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.7.1, 9.7.2 et 9.7.3 sur des disjoncteurs à l'état neuf.

De plus, après l'essai d'endurance de 9.11 et les essais de court-circuit de 9.12, ils doivent satisfaire aux essais de 9.7.3, mais à la tension d'essai réduite spécifiée, respectivement, en 9.11.3 et 9.12.12.2 et sans le traitement préalable d'humidité de 9.7.1.

8.3.3 Aptitude au sectionnement

Les disjoncteurs doivent être aptes au sectionnement.

La conformité est assurée par la vérification de la conformité aux distances d'isolement et lignes de fuite minimales indiquées au point 1 du Tableau 4 et par les essais de 9.7.5.1 et 9.7.5.3.

8.3.4 Rigidité diélectrique à la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Les disjoncteurs doivent avoir une tension adéquate de tenue aux chocs.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.7.5.2.

8.4 Échauffement

8.4.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des diverses parties d'un disjoncteur spécifiées dans le Tableau 6, mesurés dans les conditions spécifiées en 9.8.2, ne doivent pas dépasser les limites indiquées dans ce tableau.

Le disjoncteur ne doit pas subir de dommages de nature à nuire à son fonctionnement et à rendre son usage dangereux.

Tableau 6 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a b}	Échauffement K
Bornes pour connexions externes ^c	60
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du disjoncteur, y compris les organes de manœuvre en matériau isolant et les organes métalliques des moyens de couplage d'organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles	40
Parties métalliques extérieures des organes de manœuvre	25
Autres parties extérieures, y compris la face du disjoncteur en contact direct avec la surface de montage	60
^a Aucune valeur n'est spécifiée pour les contacts; cela tient au fait que la conception de la plupart des disjoncteurs est telle que la mesure directe de la température de ces parties ne peut être effectuée sans risquer de provoquer des altérations ou déplacements de parties susceptibles d'affecter la reproductibilité des essais. L'essai de 28 jours (voir 9.9) est considéré comme suffisant pour contrôler indirectement le comportement des contacts en ce qui concerne un échauffement excessif en service. ^b Aucune valeur n'est spécifiée pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matériau isolant ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du disjoncteur ne doit pas être affecté. ^c Pour les disjoncteurs du type enfichable, les bornes de la base sur laquelle ils sont installés.	

8.4.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 6 sont seulement applicables si la température de l'air ambiant reste entre les limites indiquées en 7.2.

8.5 Service ininterrompu

Les disjoncteurs doivent rester fiables même après une longue période de service.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.9.

8.6 Fonctionnement automatique

8.6.1 Zone temps-courant normalisée

La caractéristique de déclenchement des disjoncteurs doit être telle qu'ils assurent une protection suffisante du circuit sans fonctionnement prématuré.

La zone de la caractéristique temps-courant (caractéristique de déclenchement) d'un disjoncteur est définie par les conditions et les valeurs indiquées dans le Tableau 7.

Ce tableau se rapporte à un disjoncteur monté dans les conditions de référence (voir 9.2), fonctionnant à la température d'étalonnage de référence de 30 °C avec une tolérance de $^{+5}_{0} \text{ °C}$.

La conformité est vérifiée par les essais spécifiés en 9.10.

Les essais peuvent être effectués à toute température de l'air jugée commode, les résultats devant se rapportant à une température de 30 °C au moyen des informations données par le fabricant.

En aucun cas la variation du courant d'essai du Tableau 7 ne doit dépasser 1,2 % par K de variation de la température d'étalonnage.

Si les disjoncteurs sont marqués pour une température d'étalonnage différente de 30 °C, ils sont soumis aux essais pour cette température différente.

Le fabricant doit être préparé à donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures d'étalonnage différentes de la valeur de référence.

Tableau 7 – Caractéristiques de fonctionnement temps-courant

Essai	Type	Courant d'essai	Conditions initiales	Limites du temps de déclenchement et de non-déclenchement	Résultats à obtenir	Remarques
a	B, C, D	$1,13 I_n$	État froid ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Pas de déclenchement	
b	B, C, D	$1,45 I_n$	Immédiatement après l'essai a	$t < 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Déclenchement	Courant croissant régulièrement en moins de 5 s
c	B, C, D	$2,55 I_n$	État froid ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (pour $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (pour $I_n > 32 \text{ A}$)	Déclenchement	
d	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	État froid ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	Pas de déclenchement	Courant établi par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
e	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$ ^b	État froid ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Déclenchement	Courant établi par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
NOTE Un essai supplémentaire, intermédiaire entre c et d, est à l'étude pour les disjoncteurs de type D. ^a Le terme "état froid" signifie sans charge préalable. ^b $50 I_n$ pour des cas spéciaux.						

8.6.2 Grandeurs conventionnelles

8.6.2.1 Temps conventionnel

Le temps conventionnel est de 1 h pour les disjoncteurs de courant assigné jusqu'à 63 A inclus et de 2 h pour les disjoncteurs de courant assigné supérieur à 63 A.

8.6.2.2 Courant conventionnel de non-déclenchement (I_{nt})

Le courant conventionnel de non-déclenchement d'un disjoncteur est égal à 1,13 fois son courant assigné.

8.6.2.3 Courant conventionnel de déclenchement (I_t)

Le courant conventionnel de déclenchement d'un disjoncteur est égal à 1,45 fois son courant assigné.

8.6.3 Caractéristique de déclenchement

8.6.3.1 Généralités

La caractéristique de déclenchement des disjoncteurs doit se situer à l'intérieur de la zone définie en 8.6.1.

NOTE Des conditions de température et de montage différentes de celles spécifiées en 9.2 (par exemple: montage dans une enveloppe spéciale, groupement de plusieurs disjoncteurs dans la même enveloppe) peuvent affecter la caractéristique de déclenchement des disjoncteurs.

Le fabricant doit être préparé à donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures ambiantes différentes de la valeur de référence, à l'intérieur des limites de 7.2.

8.6.3.2 Effet d'une charge unipolaire sur la caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur multipolaire

Lorsque des disjoncteurs à plus d'un pôle protégé sont chargés seulement sur un des pôles protégés, en partant de l'état froid avec un courant égal à

- 1,1 fois le courant conventionnel de déclenchement pour les disjoncteurs bipolaires à deux pôles protégés,
- 1,2 fois le courant conventionnel de déclenchement pour les disjoncteurs tripolaires ou tétrapolaires,

les disjoncteurs doivent déclencher dans les limites du temps conventionnel spécifié en 8.6.2.1.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.10.4.

8.6.3.3 Effet de la température de l'air ambiant sur la caractéristique de déclenchement

Les températures ambiantes autres que la température de référence, à l'intérieur de limites de -5°C et $+40^{\circ}\text{C}$, ne doivent pas affecter de façon inacceptable la caractéristique de déclenchement des disjoncteurs.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.10.5.

8.7 Endurance mécanique et électrique

Les disjoncteurs doivent pouvoir effectuer un nombre adéquat de manœuvres à courant assigné.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.11.

8.8 Tenue aux courants de court-circuit

Les disjoncteurs doivent pouvoir effectuer un nombre spécifié d'opérations sur court-circuit, pendant lesquelles ils ne doivent ni mettre en danger l'opérateur ni donner naissance à un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.12.

Les disjoncteurs doivent pouvoir établir et couper toute valeur de courant jusqu'à et y compris la valeur correspondante au pouvoir de coupure assigné, à la fréquence assignée, à une tension de rétablissement à fréquence industrielle égale à 105 % (± 5 %) de la tension assignée et à tout facteur de puissance non inférieur à la limite inférieure appropriée de la plage indiquée en 9.12.5; les valeurs correspondantes de I^2t doivent également se situer en dessous de la caractéristique I^2t (voir 3.5.13).

8.9 Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques

Les disjoncteurs doivent avoir une tenue mécanique telle qu'ils puissent supporter sans dommage les contraintes imposées lors de l'installation et pendant leur emploi.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.13.

8.10 Résistance à la chaleur

Les disjoncteurs doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.14.

8.11 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matériau isolant des disjoncteurs ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent, à leur voisinage, une température élevée.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.15.

8.12 Résistance à la rouille

Les parties ferreuses doivent être protégées d'une manière adéquate contre la rouille.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.16.

8.13 Puissance active dissipée

Les disjoncteurs ne doivent pas dissiper une puissance active excessive. Les valeurs maximales autorisées par pôle sont indiquées dans le Tableau 8.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.8.5.

Tableau 8 – Puissance active maximale dissipée par pôle

Plage de courant assigné I_n A	Puissance active maximale dissipée par pôle W
$I_n \leq 10$	3
$10 < I_n \leq 16$	3,5
$16 < I_n \leq 25$	4,5
$25 < I_n \leq 32$	6
$32 < I_n \leq 40$	7,5
$40 < I_n \leq 50$	9
$50 < I_n \leq 63$	13
$63 < I_n \leq 100$	15
$100 < I_n \leq 125$	20

9 Essais

9.1 Essais de type et séquences

La vérification des caractéristiques des disjoncteurs est effectuée par des essais de type.

Les essais de type exigés par la présente Norme sont indiqués dans le Tableau 9.

Tableau 9 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
Indélébilité du marquage	9.3
Sûreté des vis, partie conduisant le courant et connexions	9.4
Sûreté des bornes pour conducteurs externes	9.5
Protection contre les chocs électriques	9.6
Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	9.7
Échauffement	9.8
Essai 28 jours	9.9
Caractéristique de déclenchement	9.10
Endurance mécanique et électrique	9.11
Court-circuit	9.12
Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques	9.13
Résistance à la chaleur	9.14
Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.15
Résistance à la rouille	9.16

En vue d'une vérification de conformité aux normes, les essais de type sont effectués selon des séquences d'essais.

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués à l'Annexe C.

Sauf spécification contraire, chaque essai de type (ou séquence d'essais de type) est effectué sur des disjoncteurs neufs et à l'état propre.

9.2 Conditions d'essai

Le disjoncteur est monté individuellement, verticalement et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C, sauf spécification contraire, et est protégé contre un échauffement ou un refroidissement extérieur excessif.

Les disjoncteurs prévus pour être installés dans une enveloppe individuelle sont soumis aux essais dans l'enveloppe la plus petite de celles spécifiées par le fabricant.

Sauf spécification contraire, le disjoncteur est équipé des conducteurs appropriés spécifiés dans le Tableau 10 et fixé sur un panneau de contreplaqué peint en noir mat d'environ 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation satisfaisant aux exigences de montage recommandées par le fabricant.

En l'absence de spécifications particulières sur les tolérances, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles qui sont spécifiées dans la présente Norme.

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à une fréquence assignée de ± 5 Hz et à toute tension convenable.

Pendant les essais, ni l'entretien ni le démontage des échantillons ne sont autorisés.

Pour les essais de 9.8, 9.9, 9.10 et 9.11, le disjoncteur est connecté comme suit.

- a) *Les connexions sont faites au moyen de conducteurs à âme massive en cuivre, isolés au PVC, conformes à la série IEC 60227.*
- b) *Sauf spécification contraire, les essais sont effectués en courant monophasé.*
- c) *Les connexions sont à l'air libre et leur écartement n'est pas inférieur à la distance entre les bornes.*
- d) *La longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de:*
 - *1 m pour les sections inférieures ou égales à 10 mm²;*
 - *2 m pour les sections supérieures à 10 mm².*

Les couples de serrage qui sont appliqués aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés dans le Tableau 11.

Tableau 10 – Sections (S) des conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés

S mm ²	Valeurs du courant assigné I_n A
1	$I_n \leq 6$
1,5	$6 < I_n \leq 13$
2,5	$13 < I_n \leq 20$
4	$20 < I_n \leq 25$
6	$25 < I_n \leq 32$
10	$32 < I_n \leq 50$
16	$50 < I_n \leq 63$
25	$63 < I_n \leq 80$
35	$80 < I_n \leq 100$
50	$100 < I_n \leq 125$

NOTE Pour les conducteurs en cuivre AWG, voir l'Annexe G.

9.3 Essai de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et pendant 15 s encore avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, une teneur en kauributanol de 29, une température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, une température d'ébullition finale d'environ 69 °C et une densité d'environ 0,68 g/cm³.

Le marquage par empreinte, moulage ou gravure, n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible.

Après la totalité des essais de la présente Norme, le marquage doit être également facilement lisible.

Il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.

9.4 Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité avec les exigences de 8.1.4 est vérifiée par examen, et, pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors du montage et de la connexion du disjoncteur, par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés

- dix fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- cinq fois dans tous les autres cas.

Les vis ou écrous s'engageant sur un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'un tournevis ou d'une clef d'essai appropriée, en appliquant le couple indiqué dans le Tableau 11.

Les vis et écrous ne doivent pas être serrés par à-coups.

Le conducteur est déplacé chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré.

Les connexions par enfichage sont soumises aux essais par cinq opérations d'insertion et d'extraction du disjoncteur.

Après l'essai, les connexions ne doivent pas avoir pris de jeu et leur fonction électrique ne doit pas être affectée.

Tableau 11 – Diamètre des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm	Couple Nm		
	I	II	III
Jusqu'à 2,8 inclus	0,2	0,4	0,4
au-dessus de 2,8 et jusqu'à 3,0 inclus	0,25	0,5	0,5
au-dessus de 3,0 et jusqu'à 3,2 inclus	0,3	0,6	0,6
au-dessus de 3,2 et jusqu'à 3,6 inclus	0,4	0,8	0,8
au-dessus de 3,6 et jusqu'à 4,1 inclus	0,7	1,2	1,2
au-dessus de 4,1 et jusqu'à 4,7 inclus	0,8	1,8	1,8
au-dessus de 4,7 et jusqu'à 5,3 inclus	0,8	2,0	2,0
au-dessus de 5,3 et jusqu'à 6,0 inclus	1,2	2,5	3,0
au-dessus de 6,0 et jusqu'à 8,0 inclus	2,5	3,5	6,0
au-dessus de 8,0 et jusqu'à 10,0 inclus	3,5	4,0	10,0

La colonne I s'applique aux vis sans tête qui ne dépassent pas du trou lorsqu'elles sont serrées et aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et aux écrous qui sont serrés par d'autres moyens qu'un tournevis.

Lorsqu'une vis est à tête hexagonale fendue et est serrable à l'aide d'un tournevis et que les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en appliquant à la tête hexagonale le couple spécifié à la colonne III, puis en appliquant sur un autre échantillon le couple spécifié à la colonne II au moyen d'un tournevis. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas présenter de jeu et aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur du disjoncteur, ne doit être causé.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

Les connexions par enfichage sont soumises aux essais par cinq opérations d'insertion et d'extraction du disjoncteur.

Après l'essai, les connexions ne doivent pas avoir pris de jeu et leur fonction électrique ne doit pas être affectée.

9.5 Essais de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre

9.5.1 La conformité avec les exigences de 8.1.5 est vérifiée par examen, par l'essai de 9.4, un conducteur rigide en cuivre de la plus grande section spécifiée dans le Tableau 5 étant placé dans la borne (pour les sections nominales supérieures à 6 mm², un conducteur rigide câblé est utilisé, pour les autres sections, un conducteur massif), et par les essais de 9.5.2, 9.5.3 et 9.5.4.

Ces derniers essais sont effectués à l'aide d'un tournevis ou d'une clef d'essai appropriée.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs rigides, câblés rigides ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées dans le Tableau 5.

La borne doit être adaptée à tous les types de conducteurs du même type (rigide – massif ou câblé – ou souple), sauf spécification contraire du fabricant.

La borne doit être adaptée à tous les types de conducteurs: rigide (massifs ou câblés) et souple, sauf spécification contraire du fabricant.

Les bornes doivent être soumises aux essais avec la section minimale et maximale de chaque type de conducteurs sur des bornes neuves comme suit:

- Les essais pour des conducteurs massifs doivent utiliser des conducteurs d'une section de 1 mm² à 6 mm², selon le cas.
- Les essais pour des conducteurs câblés doivent utiliser des conducteurs d'une section de 1,5 mm² à 50 mm², selon le cas.
- Les essais pour des conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs d'une section de 1 mm² à 35 mm², selon le cas.

Le conducteur est inséré dans la borne sur la distance minimale prescrite ou, si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement d'un brin.

Les vis de serrage sont ensuite serrées à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 11.

Chaque conducteur est ensuite soumis à une traction avec une force de la valeur indiquée dans le Tableau 12. La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du logement du conducteur.

Lorsque cela est nécessaire, les valeurs d'essai, pour les différentes sections avec la force de traction concernée, doivent être clairement indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 12 – Forces de traction

Section du conducteur inséré dans la borne mm ²	1 à 4 inclus	Au-dessus de 4 et jusqu'à 6 inclus	Au-dessus de 6 et jusqu'à 10 inclus	Au-dessus de 10 et jusqu'à 16 inclus	Au-dessus de 16 et jusqu'à 50 inclus
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas se déplacer de façon appréciable dans la borne.

9.5.3 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 5, massifs ou câblés, selon le cas qui est le plus défavorable, et les vis des bornes sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 11.

Les vis des bornes sont ensuite desserrées et la partie du conducteur qui peut avoir été affectée par la borne est examinée.

Les conducteurs ne doivent pas présenter de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de façon majeure s'ils laissent apparaître des empreintes profondes ou des entailles.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas présenter de jeu et aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur de la borne, ne doit être causé.

9.5.4 Les bornes sont munies des plus grandes sections indiquées dans le Tableau 5 pour le conducteur en cuivre câblé rigide.

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de permettre l'échappement d'un brin (ou de brins). La vis ou l'écrou de serrage est ensuite serré(e) à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 11.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé en dehors de la borne.

9.6 Essai de protection contre les chocs électriques

Cette vérification est applicable aux parties des disjoncteurs qui sont accessibles à l'utilisateur quand ils sont montés comme pour un usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'essai normalisé de la Figure 8, sur l'échantillon monté comme pour un usage normal (voir note de 8.1.6) et équipé de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 5.

Le doigt d'essai normalisé doit être conçu de façon telle que chacune des sections puisse être tournée d'un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'essai est appliqué dans toutes les positions de pliage possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour indiquer tout contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact et que la tension soit d'au moins 40 V.

Les disjoncteurs avec enveloppes ou couvercles en matériau thermoplastique sont soumis à l'essai supplémentaire suivant qui est effectué à une température ambiante de $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les disjoncteurs étant à cette température.

Les disjoncteurs sont soumis pendant une minute à une force de 75 N appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'essai rigide de mêmes dimensions que le doigt d'essai normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les endroits où un excès de souplesse du matériau isolant pourrait compromettre la sécurité du disjoncteur; il n'est pas appliqué aux entrées défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou couvercles ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties sous tension puissent être touchées avec le doigt d'essai rigide.

Les disjoncteurs ouverts ayant des parties non prévues pour être couvertes par une enveloppe sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique monté comme pour un usage normal (voir 8.1.6).

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du disjoncteur pour les essais

Les parties qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont retirées et soumises au traitement à l'humidité avec la partie principale; les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les entrées de câbles, s'il en existe, sont laissées ouvertes; s'il existe des entrées défonçables, l'une d'elles est défoncée.

9.7.1.2 Conditions d'essai

Le traitement à l'humidité est effectué dans une enceinte humide dont l'humidité relative de l'air est maintenue entre 91 % et 95 %.

La température de l'air à l'endroit où l'échantillon est placé est maintenue à $\pm 1^\circ \text{C}$ près à une valeur convenable quelconque T comprise entre 20°C et 30°C .

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre la température T et $T + 4^\circ \text{C}$.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE Une humidité relative comprise entre 91 % et 95 % peut être obtenue en plaçant dans l'enceinte humide une solution saturée de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) dans l'eau présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande.

Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, une circulation permanente de l'air doit être assurée et, en général, une enceinte thermiquement isolée doit être utilisée.

9.7.1.4 État du disjoncteur après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente Norme et doit satisfaire aux essais de 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4 et 9.7.5.2.

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal

Le disjoncteur ayant été traité comme spécifié en 9.7.1 est ensuite retiré de l'enceinte humide.

Après une période de repos comprise entre 30 min et 60 min après le traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après avoir appliqué une tension continue d'environ 500 V.

Dans l'ordre suivant:

- a) *le disjoncteur étant en position d'ouverture, entre chaque paire de bornes qui sont reliées électriquement entre elles lorsque le disjoncteur est en position de fermeture, successivement sur chaque pôle;*
- b) *le disjoncteur étant en position de fermeture, successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux;*
- c) *le disjoncteur étant en position de fermeture, entre toutes les bornes reliées entre elles et la masse, y compris une feuille métallique ou une pièce en contact avec la surface extérieure de l'enveloppe en matériau isolant, mais les bornes étant complètement libres afin d'éviter l'amorçage entre les bornes et la feuille métallique;*
- d) *entre les parties métalliques du mécanisme et la masse;*

NOTE L'accès aux parties métalliques du mécanisme peut être prévu de façon spécifique pour cette mesure.

- e) *pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique ayant un revêtement intérieur en matériau isolant, entre la masse et une feuille métallique en contact avec la surface intérieure du revêtement en matériau isolant, y compris les manchons et les dispositifs analogues.*

Les mesures a), b) et c) sont effectuées après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Le terme "masse" comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille de métal en contact avec les surfaces en matériau isolant qui sont accessibles après installation comme pour un usage normal;*
- la surface sur laquelle la base du disjoncteur est montée, couverte, si nécessaire, d'une feuille métallique;*
- les vis et autres dispositifs pour la fixation de la base sur son support;*
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées pour le montage du disjoncteur, les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées en 8.2.*

Si le disjoncteur est muni d'une borne destinée à l'interconnexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures selon b), c), d) et e), la feuille métallique est appliquée de façon telle que la matière de remplissage, s'il en existe, soit effectivement soumise à l'essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à

- 2 M Ω pour les mesures selon a) et b);*
- 5 M Ω pour les autres mesures.*

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Après que le disjoncteur a satisfait à l'essai de 9.7.2, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.2.

La tension d'essai doit être de forme pratiquement sinusoïdale et sa fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source du courant d'essai doit pouvoir fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun déclencheur à maximum de courant ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être les suivantes:

- 2 000 V pour les points a) à d) de 9.7.2;*
- 2 500 V pour le point e) de 9.7.2;*

Commencer par appliquer une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur prescrite, puis l'élever en moins de 5 s à la pleine valeur.

Il ne doit pas se produire d'amorçage ni de perforation pendant l'essai.

Il n'est pas tenu compte des décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension.

9.7.4 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

La résistance d'isolement et la rigidité diélectrique doivent être vérifiées selon a, b et c.

- a) *Les mesures de résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement et de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.*
- b) *Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:*
- *entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et à la masse;*
 - *entre chaque partie du circuit auxiliaire pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble, à une tension continue de 500 V environ, après que la tension a été appliquée pendant 1 min.*

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) *Une tension sensiblement sinusoïdale, à la fréquence assignée, est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).*

Les valeurs de tension à utiliser sont indiquées dans le Tableau 13.

Tableau 13 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires

Tension assignée des circuits auxiliaires (alternative ou continue) V		Tension d'essai V
Supérieure à	Jusqu'à et y compris	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la valeur spécifiée. Elle est ensuite augmentée de façon continue jusqu'à sa pleine valeur en un temps ni inférieur à 5 s ni supérieur à 20 s.

Pendant l'essai, aucune perforation ni aucun amorçage ne doit apparaître.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension sont ignorées.

NOTE 2 Dans le cas de disjoncteurs où le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais peuvent être faits sur des échantillons spécialement préparés par le fabricant ou selon ses instructions.

NOTE 3 Les circuits auxiliaires ne comprennent pas les circuits de commande des disjoncteurs dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation.

NOTE 4 Les circuits de commande autres que ceux du circuit secondaire des transformateurs de détection et des circuits de commande connectés au circuit principal sont soumis aux mêmes essais que les circuits auxiliaires.

9.7.5 Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts

9.7.5.1 Procédure générale d'essai de la tenue aux tensions de chocs

Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de 1,2 μ s, et un temps à mi-hauteur de 50 μ s, les tolérances étant les suivantes:

- ± 5 % pour la valeur de crête;*
- ± 30 % pour le temps de montée;*
- ± 20 % pour le temps à mi-hauteur.*

Pour chaque essai, cinq ondes de choc positives et cinq ondes de choc négatives sont appliquées. L'intervalle entre deux ondes consécutives étant d'au moins 1 s pour les ondes de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.

Lorsque l'essai de tension de choc est effectué sur le disjoncteur complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il faut s'assurer que la valeur exigée de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement en essai.

L'impédance de l'appareil d'essai doit avoir une valeur nominale de 500 Ω .

En 9.7.5.2, pour la vérification des distances d'isolement dans l'isolation principale sur un disjoncteur complet, une très faible impédance du générateur est nécessaire pour l'essai. À cet effet, un générateur hybride avec une impédance virtuelle de 2 ohms est approprié si les composants internes ne sont pas déconnectés avant l'essai. Cependant, dans tous les cas, une mesure de la tension d'essai correcte directement à la distance d'isolement est exigée.

La forme des ondes de choc est ajustée, le disjoncteur en essai étant raccordé au générateur de tension. À cet effet, des diviseurs de tension appropriés et des capteurs de tension doivent être utilisés.

De petites oscillations sont admises dans les ondes de choc, sous réserve que leur amplitude près de la crête de l'onde de choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête.

Pour les oscillations de la première moitié du front, des amplitudes allant jusqu'à 10 % de la valeur de crête sont admises.

Aucune décharge disruptive (amorçage, contournement ou perforation) ne doit apparaître pendant l'essai.

Les décharges partielles dans les distances d'isolement qui n'entraînent pas de panne sont ignorées.

NOTE Il peut être nécessaire d'utiliser un oscilloscope pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.5.2 Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc

Si la mesure des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 4 et les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) montrent une réduction de la longueur exigée, le présent essai s'applique. Cet essai est effectué immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement en 9.7.4.

NOTE 1 La mesure des distances d'isolement peut être remplacée par cet essai.

L'essai est effectué sur un disjoncteur fixé sur un support métallique et en position de fermeture.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 14 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs du disjoncteur donnée dans le Tableau 3. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 14.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux,
- et le support métallique connecté à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux,
- et le pôle ou chemin du neutre du disjoncteur, selon le cas.

Une troisième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) et non soumis aux essais au cours des deux premières séquences décrites ci-dessus.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. S'il apparaît toutefois une seule décharge disruptive, dix impulsions supplémentaires de même polarité que celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles la défaillance est apparue.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

NOTE 2 L'expression "décharge disruptive non intentionnelle" est utilisée pour couvrir les phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous contrainte électrique qui comprennent une chute de tension et le passage d'un courant.

Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai en fonction de l'altitude $U_{1,2/50}$ courant alternatif de crête kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.5.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

Chaque pôle des disjoncteurs ayant été soumis aux essais de 9.12.11.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4.2, 9.12.11.4.3 ou 9.12.11.4.4, est alimenté à une tension égale à 1,1 fois sa tension d'emploi assignée, le disjoncteur étant en position ouverte.

Le courant de fuite entre les contacts ouverts est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.5.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en conditions normales

9.7.5.4.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit en 9.7.1.

NOTE Les essais en 9.7.5.4, comme indiqué dans les exigences de 8.1.3, sont effectués avant 9.7.1 sur 3 échantillons de la séquence d'essai B.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 15 en fonction de la tension assignée de l'installation dans laquelle le disjoncteur est destiné à être utilisé, donnée dans le Tableau 3. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 15.

Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de l'aptitude au sectionnement, en fonction de la tenue aux tensions de choc assignée du disjoncteur et de l'altitude où l'essai est effectué

Tension nominale de l'installation V	Tensions d'essai en fonction de l'altitude				
	$U_{1,2/50}$ courant alternatif de crête kV				
Système monophasé avec point milieu à la terre 120/240 ^{a)}	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Système monophasé 120/240 240 ^{b)}	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Systèmes triphasés 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
^{a)} Pour pratique d'installation au Japon.					
^{b)} Pour pratique d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.					

9.7.5.4.2 Disjoncteur en position d'ouverture

La série d'essais est effectuée sur un disjoncteur fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes d'alimentation connectées entre elles
- et les bornes de sortie connectées entre elles, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.

9.7.5.4.3 Disjoncteur en position de fermeture

La série d'essais est effectuée sur un disjoncteur fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position de fermeture.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux,
- et le support métallique connecté à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux,

– et le pôle ou chemin du neutre du disjoncteur.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. S'il apparaît toutefois une seule décharge disruptive, dix impulsions supplémentaires de même polarité que celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles la défaillance est apparue.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

9.8 Essai d'échauffements et mesure de la puissance active dissipée

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples disposés symétriquement autour du disjoncteur à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du disjoncteur.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

9.8.2 Procédure d'essai

Faire passer un courant égal à I_n à toute tension convenable simultanément par tous les pôles du disjoncteur pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique ou pendant le temps conventionnel, selon la plus grande des deux valeurs.

En pratique, cette condition est atteinte quand la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K/h.

Pour les disjoncteurs tétrapolaires à trois pôles protégés, effectuer les essais en faisant d'abord passer le courant par les trois pôles protégés seulement.

Répéter ensuite l'essai en faisant passer le même courant par le pôle destiné à être connecté au neutre et le pôle protégé le plus proche.

Avec l'accord du fabricant, les essais sur les disjoncteurs tétrapolaires à trois pôles protégés peuvent également être remplacés par un essai unique sur tous les pôles en série, y compris le pôle N.

Pendant l'essai, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 6.

9.8.3 Mesure de la température des différentes parties

La température des différentes parties spécifiées dans le Tableau 6 doit être mesurée au moyen de thermocouples à fil fin ou par des moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud accessible.

Une bonne conductibilité thermique entre le thermocouple et la surface de la partie en essai doit être assurée.

9.8.4 Échauffement d'un élément

L'échauffement d'un élément est la différence entre la température de cette partie mesurée conformément à 9.8.3 et la température de l'air ambiant mesurée conformément à 9.8.1.

9.8.5 Mesure de la puissance active dissipée

Un courant alternatif égal à I_n , sous une tension d'alimentation non inférieure à 30 V, est appliqué, dans un circuit essentiellement résistif, à chaque pôle du disjoncteur.

NOTE 1 Une tension d'essai d'une valeur inférieure à 30 V peut être utilisée sous réserve de l'accord du fabricant.

La puissance active dissipée par pôle, calculée sur la base de la chute de tension mesurée entre ses bornes lorsque les conditions d'équilibre sont atteintes, ne doit pas dépasser la valeur correspondante donnée dans le Tableau 8.

NOTE 2 La mesure de chute de tension peut être faite pendant l'essai d'échauffement, sous réserve que les conditions d'essais de ce paragraphe soient remplies.

9.9 Essai 28 jours

Le disjoncteur est soumis à 28 cycles, chacun d'eux comprenant 21 h avec un courant égal au courant assigné sous une tension en circuit ouvert d'au moins 30 V et 3 h sans courant, dans les conditions d'essais décrites en 9.2.

Le disjoncteur est en position de fermeture, le courant étant établi et coupé par un interrupteur auxiliaire. Le disjoncteur ne doit pas déclencher pendant cet essai.

Pendant la dernière période de passage du courant, l'échauffement des bornes doit être mesuré.

Cet échauffement ne doit pas dépasser la valeur mesurée lors de l'essai d'échauffement (voir 9.8) de plus de 15 K.

Immédiatement après cette mesure de l'échauffement, le courant est augmenté de façon continue en moins de 5 s au courant conventionnel de déclenchement.

Le disjoncteur doit déclencher dans les limites du temps conventionnel, le courant conventionnel de déclenchement se référant à la température d'étalonnage au moyen des informations données par le fabricant.

9.10 Essai de la caractéristique de déclenchement

9.10.1 Généralités

Cet essai a pour but de vérifier la conformité du disjoncteur aux exigences de 8.6.1.

9.10.2 Essai de la caractéristique temps-courant

9.10.2.1 *Faire passer par tous les pôles, en partant de l'état froid (voir Tableau 7), pendant le temps conventionnel (voir 8.6.1 et 8.6.2.1), un courant égal à $1,13 I_n$ (courant conventionnel de non-déclenchement).*

Le disjoncteur ne doit pas déclencher.

Le courant est ensuite augmenté de façon continue en moins de 5 s à $1,45 I_n$ (courant conventionnel de déclenchement).

Le disjoncteur doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

9.10.2.2 *Faire passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $2,55 I_n$.*

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 1 s ni supérieure à

- 60 s pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 32 A;
- 120 s pour des courants assignés supérieurs à 32 A.

9.10.3 Essai du déclenchement instantané, vérification de l'ouverture correcte des contacts et du mécanisme à déclenchement libre

9.10.3.1 Conditions générales d'essai

Pour les valeurs inférieures du courant d'essai indiquées, respectivement, en 9.10.3.2, 9.10.3.3 et 9.10.3.4, l'essai est effectué une fois, à toute tension convenable, avec tous les pôles connectés en série.

Pour les valeurs supérieures du courant d'essai, l'essai est effectué sur chaque pôle protégé à la tension assignée phase-neutre avec un facteur de puissance compris entre 0,95 et 1.

La séquence de manœuvres est la suivante:

$O - t - CO - t - CO - t - CO$

l'intervalle de temps t étant celui spécifié en 9.12.11.1.

Durant toute la manœuvre O, l'organe de manœuvre est délibérément maintenu en position de fermeture. Le mécanisme à déclenchement libre doit fonctionner correctement et le temps de déclenchement de la manœuvre O est mesuré. Après le déclenchement, la position bloquée est abandonnée.

Dans le cas de disjoncteurs à opération manuelle dépendante, le disjoncteur doit être manœuvré avec une vitesse de manœuvre, pendant sa mise en œuvre, de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$; cette vitesse est mesurée quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai.

Après chaque manœuvre, l'organe d'indication doit montrer la position ouverte des contacts.

9.10.3.2 Pour les disjoncteurs du type B

Faire passer par tous les pôles connectés en série, en partant de l'état froid, un courant égal à $3 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite, faire passer par chaque pôle séparément, de nouveau en partant de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

Le disjoncteur doit déclencher en moins de 0,1 s.

9.10.3.3 Pour les disjoncteurs du type C

Faire passer par tous les pôles connectés en série, en partant de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite, faire passer par chaque pôle séparément, de nouveau en partant de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

Le disjoncteur doit déclencher en moins de 0,1 s.

9.10.3.4 Pour les disjoncteurs de type D

Faire passer par tous les pôles connectés en série, en partant de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Faire passer par chaque pôle séparément, de nouveau en partant de l'état froid, un courant égal à $20 I_n$ ou à la valeur maximale du courant de déclenchement instantané (voir Article 6, point j).

Le disjoncteur doit déclencher en moins de 0,1 s.

9.10.4 Essai de l'effet d'une charge unipolaire sur la caractéristique de déclenchement des disjoncteurs multipolaires

La conformité est vérifiée en soumettant à l'essai le disjoncteur connecté dans les conditions indiquées en 9.2 et selon les modalités spécifiées en 8.6.3.2.

Le disjoncteur doit déclencher dans les limites du temps conventionnel (voir 8.6.2.1).

9.10.5 Essai de l'effet de la température ambiante sur la caractéristique de déclenchement

La conformité est vérifiée par les essais suivants.

- a) *Placer le disjoncteur à une température ambiante inférieure de (35 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.*

Faire passer par tous les pôles, pendant le temps conventionnel, un courant égal à $1,13 I_n$ (courant conventionnel de non-déclenchement). Le courant est ensuite augmenté de façon continue en moins de 5 s à $1,9 I_n$.

Le disjoncteur doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

- b) *Placer le disjoncteur à une température ambiante supérieure de (10 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.*

Faire ensuite passer par tous les pôles un courant égal à I_n .

Le disjoncteur ne doit pas déclencher dans les limites du temps conventionnel.

9.11 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.11.1 Conditions générales d'essai

Le disjoncteur est fixé sur un support métallique à moins qu'il ne soit conçu pour montage dans une enveloppe individuelle, auquel cas il doit être monté dans une telle enveloppe, comme spécifié en 9.2.

L'essai est effectué sous la tension assignée et le courant est réglé à la valeur du courant assigné au moyen de résistances et de bobines de réactance en série, connectées aux bornes de sortie.

Si des inductances sans fer sont utilisées, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par les inductances est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Pour les disjoncteurs unipolaires et les disjoncteurs bipolaires à deux pôles protégés, le support métallique est relié à un côté de la source d'alimentation pendant la première moitié du nombre total de manœuvres et à l'autre côté pendant la seconde moitié.

Pour les disjoncteurs bipolaires à un pôle protégé, le support métallique est relié au neutre de l'alimentation.

Pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V l'essai doit être effectué à la valeur la plus basse.

Pour les disjoncteurs tripolaires, le support métallique est relié à un côté de la source d'alimentation pendant la première moitié du nombre total de manœuvres et à l'une des autres phases choisie au hasard, pendant la seconde moitié.

Pour les disjoncteurs tétrapolaires, le support métallique est relié au neutre de l'alimentation.

Le disjoncteur est raccordé au circuit par des conducteurs de la dimension appropriée indiquée dans le Tableau 10.

9.11.2 Procédure d'essai

Le disjoncteur est soumis à 4 000 cycles de manœuvre au courant assigné.

Chaque cycle de manœuvre consiste en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Pour les disjoncteurs de courant assigné inférieur ou égal à 32 A, la cadence de manœuvre doit être de 240 cycles par heure. Pendant chaque cycle, le disjoncteur doit rester ouvert pendant au moins 13 s.

Pour les disjoncteurs de courant assigné supérieur à 32 A, la cadence des manœuvres doit être de 120 cycles par heure. Pendant chaque cycle, le disjoncteur doit rester ouvert pendant au moins 28 s.

Le disjoncteur doit être manœuvré comme dans les conditions d'emploi normales.

Il doit être veillé à ce que

- l'appareil d'essai n'endommage pas le disjoncteur en essai;*
- le libre mouvement de l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai ne soit pas gêné;*
- la vitesse de l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai ne soit pas influencée indûment par l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai.*

Dans le cas de disjoncteurs à opération manuelle dépendante, le disjoncteur doit être manœuvré avec une vitesse de manœuvre, pendant sa mise en œuvre, de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$; cette vitesse est mesurée quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai.

9.11.3 État du disjoncteur après l'essai

À la suite de l'essai décrit en 9.11.2, l'échantillon ne doit pas présenter

- d'usure anormale;
- de divergence entre la position des contacts mobiles et la position correspondante du dispositif indicateur;
- de dommages à l'enveloppe tels qu'ils permettent de toucher des parties actives avec le doigt d'essai (voir 9.6);
- de desserrage de connexions électriques ou raccordements mécaniques;
- d'écoulement de la matière de remplissage.

En outre, le disjoncteur doit satisfaire à l'essai décrit en 9.10.2.2 et à l'essai diélectrique de 9.7.3, mais sous une tension d'essai inférieure de 500 V à celle prescrite en 9.7.4 et sans traitement préalable à l'humidité.

9.12 Essais de court-circuit

9.12.1 Généralités

Les essais normalisés pour la vérification des performances en court-circuit consistent en une série d'ouvertures et de fermetures appropriées à la performance à vérifier et résumées dans le Tableau 16.

Les essais de court-circuit doivent être réalisés à une température adaptée comprise dans la plage indiquée en 7.2.

Tous les disjoncteurs sont soumis aux essais à 500 A ou 10 In, selon la valeur la plus grande, conformément à 9.12.11.2, et à 1 500 A conformément à 9.12.11.3.

Les disjoncteurs de pouvoir de coupure assigné supérieur à 1 500 A sont de plus soumis aux essais

- au pouvoir de coupure de service en court-circuit (voir 3.5.5.2) dans les conditions indiquées en 9.12.11.4.2 et 9.12.12.1; le pouvoir de coupure de service en court-circuit est obtenu en multipliant le pouvoir de coupure assigné par un facteur k , dont la valeur est donnée dans le Tableau 18;
- au pouvoir de coupure assigné (voir 5.2.4) dans les conditions indiquées en 9.12.11.4.3 et 9.12.12.2, si le facteur k est inférieur à 1, auquel cas de nouveaux échantillons doivent être utilisés.

Tableau 16 – Applicabilité des essais de court-circuit

Type d'essai	Disjoncteurs à soumettre aux essais	Vérification après les essais de court-circuit, selon le paragraphe
Essai aux courants de court-circuit réduits (9.12.11.2.1)	Tous les disjoncteurs	9.12.12.1
Essai pour vérifier l'aptitude pour les systèmes IT (9.12.11.2.2)	Tous les disjoncteurs excepté ceux de tension assignée 120 V ou 120/240 V	
Essais à 1 500 A (9.12.11.3)	Tous les disjoncteurs	
Essais au pouvoir de coupure de service (9.12.11.4.2)	Disjoncteurs avec $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Essais au pouvoir de coupure assigné (9.12.11.4.3)	Disjoncteurs avec $I_{cn} > I_{cs}$	9.12.12.2
Essais au pouvoir de fermeture et de coupure d'un pôle individuel (9.12.11.4.4)	Disjoncteurs multipolaires	9.12.12.2

9.12.2 Valeurs des grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de coupure assigné doivent être effectués aux valeurs indiquées par le fabricant, en accord avec les tableaux appropriés de la présente Norme.

La valeur de la tension appliquée est celle qui est nécessaire pour produire la tension de rétablissement spécifiée à fréquence industrielle.

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle (voir 3.5.8.2) doit être égale à 105 % de la tension assignée du disjoncteur en essai.

- Pour les disjoncteurs unipolaires ayant une double valeur de tension assignée (par exemple 230/400 V) la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à 105 % de la valeur supérieure (par exemple 400 V) pour les essais selon le point d) de 9.12.11.4.2, le point b) de 9.12.11.4.3, et 9.12.11.2.2; elle doit être égale à 105 % de la valeur inférieure (par exemple 230 V) pour les autres essais de 9.12.
- Pour les disjoncteurs bipolaires ayant une double valeur de tension assignée (par exemple 120/240 V) la tension de rétablissement doit être égale à 105 % de la valeur inférieure (par exemple 120 V) pour les essais de 9.12.11.2 et à 105 % de la valeur supérieure (par exemple 240 V) pour les autres essais de 9.12.

NOTE La valeur de 105 % ($\pm 5\%$) de la tension assignée est destinée à couvrir les effets des variations du système de tension dans les conditions de service normal. La limite supérieure peut être augmentée avec l'accord du fabricant.

9.12.3 Tolérances sur les grandeurs d'essai

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les valeurs efficaces figurant dans le rapport d'essai diffèrent des valeurs spécifiées dans les limites suivantes:

- courant $\begin{smallmatrix} +5\% \\ 0 \end{smallmatrix}$
- tension (y compris la tension de rétablissement): $\pm 5\%$
- fréquence $\pm 5\%$.

9.12.4 Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit

La Figure 3 et la Figure 4 donnent respectivement les schémas des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un disjoncteur unipolaire,
- un disjoncteur bipolaire avec un pôle protégé,
- un disjoncteur bipolaire avec deux pôles protégés,
- un disjoncteur tripolaire,
- un disjoncteur tétrapolaire avec trois pôles protégés,
- un disjoncteur tétrapolaire avec quatre pôles protégés.

Les résistances et réactances des impédances Z et $Z1$ (voir Figure 5) doivent être ajustables afin de satisfaire aux conditions d'essais spécifiées. Les bobines de réactance doivent de préférence être sans fer. Elles doivent toujours être connectées en série avec les résistances et leur valeur doit être obtenue par des couplages en série de bobines de réactance individuelles; les bobines de réactance peuvent être connectées en parallèle si celles-ci ont pratiquement la même constante de temps.

Les caractéristiques de tension transitoire de rétablissement (voir 3.5.8.1) des circuits d'essais comportant des bobines de réactance sans fer n'étant pas représentatives des conditions de service normal, la bobine de réactance sans fer de chaque phase doit être shuntée par une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant traversant la bobine.

Si des bobines de réactance avec fer sont utilisées, les pertes dues à la présence des noyaux en fer de ces bobines de réactance ne doivent pas dépasser les pertes qui seraient dues aux résistances connectées en parallèle avec les réactances sans fer.

Le circuit d'essai ne doit avoir qu'un seul point mis à la terre; qui peut être constitué par les connexions de court-circuit du circuit d'essai ou le point neutre de l'alimentation ou tout autre point convenable. Dans tous les cas, la méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Dans chaque circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné, les impédances Z sont insérées entre la source d'alimentation S et le disjoncteur en essai.

Quand les essais sont faits avec des courants inférieurs au pouvoir de coupure assigné, les impédances supplémentaires $Z1$ doivent être insérées du côté aval du disjoncteur.

Pour les essais aussi bien au pouvoir de coupure assigné en court-circuit qu'au pouvoir de coupure de service, le disjoncteur doit être connecté à des câbles (rigides ou flexibles) de 0,75 m de longueur par pôle et de la section maximale correspondant au courant assigné, en conformité avec la colonne des conducteurs rigides du Tableau 5.

Une résistance $R2$ d'environ $0,5 \Omega$ est connectée en série à la masse ainsi qu'au fil de cuivre F au point de connexion H :

- pour soumettre à l'essai le disjoncteur unipolaire et le disjoncteur bipolaire avec un pôle protégé, cette connexion H est reliée au point du conducteur neutre D , pour environ la moitié des manœuvres du disjoncteur et est connectée pour le reste des manœuvres à la phase correspondante au point C ou B .
- pour soumettre à l'essai le disjoncteur bipolaire avec deux pôles protégés, le disjoncteur tripolaire et le disjoncteur tétrapolaire, cette connexion H est reliée à D pour toutes les manœuvres.

Le fil de cuivre F doit avoir une longueur d'au moins 50 mm et

- 0,1 mm de diamètre pour les disjoncteurs à soumettre aux essais à l'air libre, montés sur un support métallique,
- 0,3 mm de diamètre pour les disjoncteurs à soumis aux essais dans la plus petite enveloppe individuelle spécifiée par le fabricant.

Des résistances R_1 absorbant un courant de 10 A par phase sont connectées, du côté amont du disjoncteur, entre les impédances destinées à l'ajustement du courant présumé au pouvoir de coupure assigné du disjoncteur.

9.12.5 Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé par une méthode reconnue, qui doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Deux exemples sont indiqués dans l'Annexe A.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est pris en considération comme la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Les plages des facteurs de puissance figurent dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Plages des facteurs de puissance pour le circuit d'essai

Courant d'essai I_{cc} A	Plage des facteurs de puissance correspondante
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

9.12.6 Mesure et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p)

Les valeurs de I^2t et I_p doivent être mesurées pendant les essais de 9.12.11.2, 9.12.11.3 et 9.12.11.4.

Dans le cas des essais des disjoncteurs pour circuits tripolaires, les valeurs de I^2t doivent être mesurées sur chaque pôle.

Les valeurs maximales de I^2t mesurées doivent être indiquées dans le rapport d'essai et elles ne doivent pas excéder les valeurs correspondantes de la caractéristique I^2t déclarées par le fabricant.

9.12.7 Étalonnage du circuit d'essai

9.12.7.1 Pour l'étalonnage du circuit d'essai, les liaisons G1 d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai sont connectées aux emplacements indiqués sur les Figures 3 et 4.

9.12.7.2 Pour obtenir un courant présumé égal au pouvoir de coupure assigné du disjoncteur au facteur de puissance correspondant indiqué dans le Tableau 16, des impédances Z sont insérées du côté amont des liaisons G1.

9.12.7.3 Pour obtenir un courant d'essai inférieur au pouvoir de coupure assigné du disjoncteur, des impédances supplémentaires Z_1 sont insérées du côté aval des liaisons G_1 , comme indiqué sur les Figures 3 et 4.

9.12.8 Interprétation des enregistrements

9.12.8.1 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 la manœuvre d'ouverture O (voir 9.12.11.1) effectuée avec l'appareil en essai et évaluées comme indiqué sur la Figure 6. La tension côté amont doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après que les phénomènes haute fréquence ont disparu.

9.12.8.2 Détermination du courant de court-circuit présumé

La composante alternative du courant présumé est prise égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage (valeurs correspondant à A2 de la Figure 6).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être égal à la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.12.9 État du disjoncteur pour les essais

9.12.9.1 Généralités

Les disjoncteurs doivent être soumis aux essais à l'air libre en conformité avec 9.12.9.2, sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation dans des enveloppes spécifiées par le fabricant ou s'ils sont prévus seulement pour l'utilisation dans des enveloppes individuelles, auxquels cas ils doivent être soumis aux essais selon 9.12.9.3 ou, avec l'agrément du fabricant, selon 9.12.9.2.

NOTE Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour recevoir un seul dispositif.

Le disjoncteur doit être manœuvré à la main ou au moyen d'un appareil d'essai en simulant d'aussi près que possible l'opération normale de fermeture.

Il doit être veillé à ce que

- l'appareil d'essai n'endommage pas le disjoncteur en essai;
- le libre mouvement de l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai ne soit pas gêné;
- la vitesse de l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai ne soit pas influencée indûment par l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai.

Dans le cas de disjoncteurs à opération manuelle dépendante, le disjoncteur doit être manœuvré avec une vitesse de manœuvre, pendant sa mise en œuvre, de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$; cette vitesse est mesurée quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du disjoncteur en essai.

9.12.9.2 Essai à l'air libre

Le disjoncteur en essai est installé comme décrit sur la Figure H.1.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant prescrites dans l'Annexe H sont placées, comme décrit sur la Figure H.1, seulement pour les manœuvres O.

La ou les grille(s) spécifiées dans l'Annexe H doivent être positionnées de telle sorte que la majeure partie des gaz ionisés émis les traverse. La ou les grille(s) doivent être placées dans les positions les plus défavorables. Si l'emplacement des orifices d'échappement n'est pas évident ou s'il n'y a pas d'orifice d'échappement, il convient que le fabricant fournisse l'information appropriée.

Le ou les circuit(s) de grille (voir Figure H.3) doivent être connectés aux points B et C comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai des Figures 3 ou 4, selon le cas; pour l'essai des disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V et le ou les circuit(s) de grille doivent, néanmoins, être connectés entre phases, aux points B et C', comme indiqué sur le schéma de circuit d'essai de la Figure 3.

La résistance R' doit avoir une valeur de 1,5 Ω . Le fil de cuivre F' (voir Figure H.3) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les disjoncteurs de tension assignée 230 V ou de diamètre 0,16 mm pour les disjoncteurs de tension assignée 400 V ou 230/400 V.

Pour les disjoncteurs ayant une tension assignée de 120 V ou 120/240 V la résistance R' doit avoir une valeur de 0,75 Ω et le fil de cuivre doit avoir un diamètre de 0,12 mm.

Pour les courants d'essai inférieurs ou égaux à 1 500 A, la distance "a" doit être de 35 mm.

Pour les courants de court-circuit plus élevés, et jusqu'à I_{cn} , la distance "a" peut être augmentée; elle est alors choisie dans la série (40, 45, 50, 55, etc.) mm et déclarée par le fabricant.

Pour les courants d'essai supérieurs à 1 500 A, toutes barrières ou tous moyens d'isolation supplémentaires qui permettent une distance "a" plus petite doivent aussi être déclarés par le fabricant.

9.12.9.3 Essais dans des enveloppes

L'essai doit être exécuté avec le disjoncteur installé dans l'enveloppe qui a la configuration la plus défavorable dans les conditions les plus défavorables. La grille et la barrière en matériau isolant représentées sur la Figure H.1 ne sont pas utilisées.

NOTE Cela signifie que si d'autres disjoncteurs (ou d'autres dispositifs) sont normalement installés dans la ou les direction(s) où la ou les grille(s) seraient placées, ces disjoncteurs (ou autres dispositifs) y sont installés. Ils sont alimentés comme en usage normal, mais à travers F' et R' comme défini en 9.12.9.2, et connectés comme indiqué sur la figure appropriée (3 ou 4).

En accord avec les instructions du fabricant, des barrières, d'autres moyens ou des distances d'isolement appropriées peuvent être nécessaires pour empêcher les gaz ionisés d'affecter l'installation.

La feuille de polyéthylène décrite dans l'Annexe H est placée comme le montre la Figure H.1 à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations O seulement.

9.12.10 Comportement du disjoncteur pendant les essais de court-circuit

Pendant les séquences de manœuvre spécifiées en 9.12.11.2, 9.12.11.3 ou 9.12.11.4, le disjoncteur ne doit pas mettre en danger l'opérateur et doit permettre la fermeture après le temps t spécifié en 9.12.11.1, sans qu'il soit nécessaire de le retirer de l'appareil d'essai.

La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu, à la vision normale ou corrigée, sans grossissement supplémentaire.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre les pôles ou entre les pôles et le châssis, ni fusion du fusible F , ni, s'il y a lieu, fusion du fusible F' .

9.12.11 Procédure d'essai

9.12.11.1 Généralités

L'essai consiste en une séquence de manœuvres.

Les symboles suivants sont utilisés pour définir cette séquence:

- O représente une manœuvre d'ouverture;*
- CO représente une manœuvre de fermeture suivie d'une ouverture automatique;*
- t représente l'intervalle de temps entre deux opérations sur court-circuit successives; il doit être de 3 min ou d'une durée plus longue que ce qui peut être exigé pour le fonctionnement du déclencheur thermique afin de permettre le réenclenchement du disjoncteur. Cette durée plus longue doit être indiquée par le fabricant.*

La valeur réelle de t doit être indiquée dans le rapport d'essai. Si l'échantillon ne permet pas le réenclenchement après la durée indiquée par le fabricant, il est considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Après extinction de l'arc, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant une durée d'au moins 0,1 s.

9.12.11.2 Essais aux courants de court-circuit réduits

9.12.11.2.1 Essai sur tous les disjoncteurs

Les impédances supplémentaires Z_1 (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 10 fois I_n , selon la plus élevée de ces deux valeurs, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98.

Chacun des pôles protégés du disjoncteur est soumis séparément à un essai dans un circuit dont les connexions sont indiquées dans la Figure 3.

Provoquer l'ouverture automatique du disjoncteur neuf fois, le circuit étant fermé six fois par l'interrupteur auxiliaire A et trois fois par le disjoncteur lui-même.

La séquence des manœuvres doit être

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

Pour l'essai, l'interrupteur auxiliaire A est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que les six points d'initiation pour les manœuvres d'ouverture soient également distribués sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Essai de court-circuit sur les disjoncteurs de tensions assignées 230 V, ou 240 V ou 230/400 V pour vérifier leur aptitude à l'utilisation dans des systèmes IT

Les impédances supplémentaires Z_1 (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 1,2 fois la limite supérieure de la plage normalisée des déclenchements instantanés donnée dans le Tableau 2, selon la plus élevée des deux valeurs, mais en ne dépassant pas 2 500 A, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98 et à une tension égale à 105 % de la valeur de la tension assignée entre phases.

Pour les disjoncteurs ayant une limite supérieure de déclenchement instantané dépassant 20 I_n , les impédances sont ajustées de façon à obtenir un courant égal à 1,2 fois la limite supérieure de déclenchement instantané déclarée par le fabricant, sans tenir compte de la limite de 2 500 A.

Les disjoncteurs unipolaires et chaque pôle protégé des disjoncteurs multipolaires sont soumis séparément à un essai dans un circuit dont les connexions sont indiquées dans la Figure 4.

La séquence des manœuvres doit être

O – t – CO

Pour la manœuvre O sur le premier pôle protégé, l'interrupteur auxiliaire A est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit soit fermé au point 0° (avec une tolérance de $\pm 5^\circ$) de l'onde pour cette manœuvre.

Pour les manœuvres O suivantes sur les autres pôles protégés à soumettre aux essais (voir Article C.2), ce point est décalé de 30° à chaque fois par rapport au point de l'onde de l'essai précédent, avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

9.12.11.3 Essai à 1 500 A

Pour les disjoncteurs dont le pouvoir de coupure assigné est de 1 500 A, le circuit d'essai est étalonné selon 9.12.7.1 et 9.12.7.2 de façon à obtenir un courant présumé de 1 500 A à un facteur de puissance correspondant à ce courant selon le Tableau 17.

Pour les disjoncteurs dont le pouvoir de coupure assigné est supérieur à 1 500 A, le circuit est étalonné selon 9.12.7.1 et 9.12.7.3 à un facteur de puissance correspondant à 1 500 A selon le Tableau 17.

Les disjoncteurs sont soumis à l'essai dans un circuit conformément à la Figure 3.

Pour les disjoncteurs tripolaires, il n'est pas fait de connexion G1 entre le neutre de l'alimentation et le point commun du côté aval du disjoncteur, s'il existe.

Pour les disjoncteurs tétrapolaires à trois pôles protégés, le neutre de l'alimentation est connecté, par l'intermédiaire du pôle non protégé ou du pôle du neutre de sectionnement, au point commun du côté aval du disjoncteur.

Si le pôle neutre d'un disjoncteur tétrapolaire n'est pas marqué par le fabricant, les essais sont répétés avec trois nouveaux échantillons en utilisant successivement chaque pôle comme neutre.

Pour l'essai des disjoncteurs unipolaires et bipolaires, l'interrupteur auxiliaire T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que les six points d'initiation soient également répartis sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

La séquence des manœuvres doit être comme spécifiée en 9.12.11.2, sauf pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V. Dans ce cas seulement deux manœuvres CO sont effectuées après les six manœuvres O; de plus, ces disjoncteurs unipolaires sont soumis aux essais en effectuant simultanément une manœuvre O, un disjoncteur étant inséré dans chaque phase du circuit d'essai spécifié pour les disjoncteurs tripolaires (Figure 3), sans synchronisation de l'interrupteur auxiliaire établissant le court-circuit.

Pour les disjoncteurs tripolaires et tétrapolaires, il est admis que les points soient pris au hasard sur l'onde.

9.12.11.4 Essai au-dessus de 1 500 A

9.12.11.4.1 Rapport k entre le pouvoir de coupure de service et le pouvoir de coupure assigné

Le rapport k entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit et le pouvoir de coupure assigné doit être en conformité avec le Tableau 18.

Tableau 18 – Rapport k entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{cn})

I_{cn}	k
$I_{cn} \leq 6\,000\text{ A}$	1
$6\,000\text{ A} < I_{cn} \leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$I_{cn} > 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Valeur minimale de I_{cs} : 6 000 A ^b Valeur minimale de I_{cs} : 7 500 A	

9.12.11.4.2 Essai au pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs})

- a) Le circuit d'essai est étalonné comme indiqué en 9.12.7.1 et 9.12.7.3 avec un facteur de puissance en accord avec le Tableau 17.

Trois échantillons sont soumis aux essais dans le circuit convenable spécifié en 9.12.11.3.

Si les bornes amont et aval des disjoncteurs en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens et le troisième échantillon est connecté dans le sens inverse.

- b) Pour les disjoncteurs unipolaires et bipolaires, la séquence de manœuvres est:

O – t – O – t – CO

Pour les manœuvres O, l'interrupteur auxiliaire A est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme au point 0° de l'onde pour la manœuvre O sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 45° pour la deuxième manœuvre O sur le premier échantillon; pour le deuxième échantillon, les deux manœuvres O doivent être synchronisées à 15° et 60° et pour le troisième échantillon à 30° et 75°.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$.

Pour les disjoncteurs bipolaires, le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation.

La procédure d'essai est indiquée dans le Tableau 19.

Tableau 19 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de disjoncteurs unipolaires et bipolaires

Manœuvre	Échantillon		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

- c) Pour les disjoncteurs tripolaires et tétrapolaires, la séquence de manœuvres est la suivante:

O – t – CO – t – CO

Pour les manœuvres O, l'interrupteur auxiliaire A est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme à un point quelconque (x°) de l'onde pour la manœuvre O sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 60° pour la manœuvre O sur le deuxième échantillon et encore de 60° pour la manœuvre O sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$. Le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation pour les différents échantillons.

La procédure d'essai est indiquée dans le Tableau 20.

Tableau 20 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de disjoncteurs tripolaires et tétrapolaires

Manœuvre	Échantillon		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

- d) Pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V, un lot supplémentaire de trois échantillons est soumis à l'essai dans un circuit selon la Figure 3 sans connexion N.

Ces échantillons sont insérés à raison d'un dans chaque phase du circuit d'essai, sans synchronisation de l'interrupteur auxiliaire A établissant le court-circuit.

Aucune connexion ne doit être faite entre le neutre de l'alimentation et le point commun du côté aval des disjoncteurs.

La procédure d'essai est indiquée dans le Tableau 21.

Pendant cet essai, les valeurs de I_{2t} peuvent ne pas être mesurées.

Tableau 21 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas d'essais triphasés pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V

Manœuvre	Échantillon		
	1	2	3
1	O	O	O
2	–	CO	O
3	O	–	CO
4	CO	O	–

9.12.11.4.3 Essai au pouvoir de coupure assigné (I_{cn})

- a) Le circuit d'essai est étalonné selon 9.12.7.1 et 9.12.7.2.

Trois échantillons sont soumis aux essais dans le circuit convenable spécifié en 9.12.11.3.

Si les bornes amont et aval des disjoncteurs en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens et le troisième échantillon est connecté dans le sens inverse.

La séquence de manœuvres est la suivante:

O – t – CO

Pour les manœuvres O, l'interrupteur auxiliaire A est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme au point 15° de l'onde pour la manœuvre O sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 30° pour la manœuvre O sur le deuxième échantillon puis encore de 30° pour la manœuvre O sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$.

Pour les disjoncteurs multipolaires, le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation.

La procédure d'essai est indiquée dans le Tableau 22.

Tableau 22 – Procédure d'essai pour I_{cn}

Manœuvre	Échantillon		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

- b) Pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V, un lot supplémentaire de quatre échantillons est soumis à l'essai dans un circuit selon la Figure 3 sans connexion N.

Trois de ces échantillons sont insérés à raison d'un dans chaque phase du circuit d'essai, sans synchronisation de l'interrupteur auxiliaire A établissant le court-circuit.

Aucune connexion ne doit être faite entre le neutre de l'alimentation et le point commun du côté aval des disjoncteurs.

La procédure d'essai est indiquée dans le Tableau 23.

Après la deuxième manœuvre O de l'échantillon noté n° 1 dans le Tableau 23, cet échantillon doit être remplacé par le quatrième échantillon.

Pendant cet essai, les valeurs de I^2t peuvent ne pas être mesurées.

Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{cn} dans le cas d'essais triphasés pour les disjoncteurs unipolaires de tension assignée 230/400 V

Manœuvre	Échantillon			
	1	2	3	4
1	O	O	O	–
2	O	CO	–	–
3	–	–	CO	O

9.12.11.4.4 Essai au pouvoir de fermeture et de coupure sur un pôle individuel (I_{cn1}) de disjoncteurs multipolaires

Le circuit d'essai est étalonné selon 9.12.7.

L'essai est réalisé sur un pôle choisi au hasard qui ne doit pas être le pôle neutre de sectionnement.

Ce pôle est connecté conformément au schéma de la Figure 3, mais avec le neutre de l'alimentation directement connecté en aval de l'impédance Z1, de manière à appliquer la tension phase/neutre au pôle soumis à l'essai.

De plus, les phases qui ne transportent pas le courant de court-circuit durant cet essai doivent être connectées à leur tension d'alimentation aux bornes correspondantes.

La séquence de manœuvres est la suivante:

O – t – CO

Pour les manœuvres "O", l'interrupteur auxiliaire T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme au point 15° de l'onde pour la manœuvre "O" sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 30° pour la manœuvre "O" du deuxième échantillon et encore de 30° pour la manœuvre "O" sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$.

Pour les disjoncteurs tri- et tétrapolaires, le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation.

9.12.12 Vérification du disjoncteur après les essais de court-circuit:

9.12.12.1 Vérifications après les essais aux courants de court-circuit réduits, à 1 500 A et au pouvoir de coupure de service en court-circuit

Après les essais selon 9.12.11.2, 9.12.11.3 ou 9.12.11.4.2 les disjoncteurs ne doivent pas présenter de dommages susceptibles à nuire à leur usage ultérieur et doivent, sans entretien, satisfaire aux essais suivants.

- a) *Courant de fuite entre les contacts ouverts, selon 9.7.5.3.*
- b) *Essais de rigidité diélectrique selon 9.7.3, réalisés dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit, à une tension inférieure de 500 V à celle prescrite en 9.7.5 et sans traitement préalable à l'humidité.*

Après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de 9.7.2, il doit être vérifié que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication "ouvert".

Pendant les essais effectués aux conditions spécifiées au point b) de 9.7.2, l'indicateur de la position des contacts doit donner l'indication "fermé".

- c) *De plus, après l'essai de 9.12.11.3 ou 9.12.11.4.2, le disjoncteur ne doit pas déclencher si un courant égal à 0,85 fois le courant conventionnel de non-déclenchement est passé par tous les pôles pendant le temps conventionnel en partant de l'état froid.*

Le courant est ensuite augmenté de façon continue, en moins de 5 s, à 1,1 fois le courant conventionnel de déclenchement.

Le disjoncteur doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

9.12.12.2 Vérifications après les essais de court-circuit au pouvoir de coupure assigné

Après les essais de 9.12.11.4.3 et 9.12.11.4.4, la feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu, à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire, et les disjoncteurs ne doivent pas présenter de dommages susceptibles de nuire à leur usage ultérieur et doivent pouvoir, sans entretien, satisfaire aux essais suivants:

- a) *Courant de fuite entre les contacts ouverts, selon 9.7.5.3.*
- b) *Essais de rigidité diélectrique selon 9.7.3, effectués entre 2 h et 24 h après les essais de court-circuit, à une tension de 900 V et sans traitement préalable à l'humidité.*

Après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de 9.7.2, il doit être vérifié que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication "ouvert".

Pendant les essais effectués aux conditions spécifiées au point b) de 9.7.2, l'indicateur de la position des contacts doit donner l'indication "fermé".

- c) *De plus, les disjoncteurs doivent déclencher dans les limites de temps correspondant à l'essai c du Tableau 7 si un courant égal à 2,8 In est passé par tous les pôles, la limite inférieure de temps étant de 0,1 s au lieu de 1 s.*

L'échantillon noté n° 1 dans le Tableau 23 n'est pas soumis à la vérification de ce paragraphe, mais il doit toutefois satisfaire aux exigences de 9.12.10.

9.13 Contraintes mécaniques

9.13.1 Choc mécanique

9.13.1.1 Dispositif d'essai

Le disjoncteur est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté sur la Figure 7.

Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton et une plate-forme de bois B est articulée par charnière sur le socle A. Cette plate-forme porte une plaque de bois C, qui peut être fixée à différentes distances de la charnière et dans deux positions verticales.

L'extrémité de la plaque B porte une plaque de butée métallique D qui repose sur un ressort hélicoïdal ayant une constante c de 25 N/mm.

Le disjoncteur est fixé sur la plaque verticale de façon telle que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et la plate-forme soit de 180 mm, la plaque verticale étant à son tour fixée de façon que la distance entre la surface de fixation et la charnière soit de 200 mm comme l'indique la Figure 7.

Sur la surface C, à l'opposé de la surface de fixation du disjoncteur, une masse supplémentaire est fixée de telle sorte que la force statique sur la plaque de butée métallique soit de 25 N afin de garantir que le moment d'inertie du système complet soit pratiquement constant.

9.13.1.2 Procédure d'essai

Le disjoncteur étant en position de fermeture, mais sans être relié à aucune source électrique, soulever la plate-forme par son extrémité libre et la laisser ensuite tomber 50 fois d'une hauteur de 40 mm, l'intervalle de temps entre les chutes successives étant tel que l'échantillon puisse revenir au repos.

Le disjoncteur est ensuite fixé sur le côté opposé de la plaque verticale C et la plate-forme peut être laissée tomber 50 fois comme précédemment.

Après cet essai, la plate-forme verticale est tournée de 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, régler à nouveau sa position de façon que l'axe vertical de symétrie du disjoncteur soit à 200 mm de la charnière.

Laisser ensuite tomber la plate-forme 50 fois comme précédemment, le disjoncteur étant d'un côté de la plaque verticale et 50 fois avec le disjoncteur du côté opposé.

Avant chaque changement de position, ouvrir et fermer à la main le disjoncteur.

Le disjoncteur ne doit pas s'ouvrir pendant les essais.

9.13.2 Résistances aux contraintes mécaniques et aux impacts

9.13.2.1 *La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du disjoncteur monté comme en usage normal (voir note de 8.1.6), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai de 9.13.2.2 pour tous les types de disjoncteurs et de plus par les essais spécifiés en:*

- 9.13.2.3 pour les disjoncteurs à fixation par vis;

- 9.13.2.4 pour les disjoncteurs destinés à être montés sur rail et pour tous les types de disjoncteurs enfichables conçus pour être montés en saillie;
- 9.13.2.5 pour les disjoncteurs enfichables dont le maintien en position dépend seulement de leurs connexions.

Les disjoncteurs conçus seulement pour être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.13.2.2 Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de choc représenté de la Figure 9 à la Figure 13.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, et est constituée de polyamide de dureté Rockwell HR 100.

La pièce de frappe a une masse de (150 ± 1) g et est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur, pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $(1\,000 \pm 1)$ mm au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, les conditions suivantes s'appliquent:

- diamètre de la bille: $(12,7 \pm 0,002\,5)$ mm,
- charge initiale: (100 ± 2) N;
- surcharge: $(500 \pm 2,5)$ N.

NOTE 1 Des renseignements complémentaires concernant la détermination de la dureté Rockwell des matières plastiques sont donnés dans l'ISO 2039-2.

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'une force comprise entre 1,9 N et 2,0 N doit être appliquée sur la face de la pièce de frappe pour maintenir le tube en position horizontale.

Les disjoncteurs pour montage en saillie sont montés sur une plaque de bois contre-plaqué carrée, de 8 mm d'épaisseur, de 175 mm de côté, fixée à ses bords supérieurs et inférieurs à une console rigide qui fait partie du support de montage comme indiqué sur la Figure 11.

Ce support doit avoir une masse de (10 ± 1) kg et doit être monté sur un châssis rigide par l'intermédiaire de pivots.

Le châssis est fixé à une paroi massive.

Les disjoncteurs à encastrer sont montés dans un dispositif tel qu'indiqué sur la Figure 12, qui est fixé au support représenté sur la Figure 11.

Les disjoncteurs pour montage en tableau sont montés dans un dispositif tel qu'indiqué sur la Figure 13, qui est fixé au support représenté sur la Figure 11.

Les disjoncteurs enfichables sont montés complets avec les moyens appropriés de connexion par enfichage, lesquels moyens sont fixés sur la plaque de contre-plaqué pour le type pour montage en saillie, ou dans le dispositif indiqué sur la Figure 12 pour le type à encastrer, ou sur la Figure 13 pour le type pour montage en tableau, selon le cas.

Les disjoncteurs à vis sont montés sur leur base appropriée, qui est fixée sur une plaque carrée de contre-plaqué de 8 mm d'épaisseur et de 175 mm de côté.

Les disjoncteurs à fixation par vis sont fixés au moyen de vis.

Les disjoncteurs pour montage sur rail sont montés sur un rail approprié.

Les disjoncteurs destinés à être fixés soit par vis soit sur un rail doivent être fixés avec des vis pour les essais.

La conception de l'appareil d'essai est telle que

- l'échantillon puisse être déplacé horizontalement et puisse tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface du contre-plaqué;*
- le contre-plaqué puisse tourner autour d'un axe vertical.*

Le disjoncteur est monté sur le contre-plaqué ou sur le dispositif approprié comme en usage normal, avec ses capots, s'il y a lieu, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont défoncées.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, des couvercles et analogues sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 11.

Laisser tomber la pièce de frappe d'une hauteur de 10 cm sur les surfaces qui sont accessibles quand le disjoncteur est monté comme en usage normal.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position du point de contrôle, lorsque le pendule est libéré, et la position de ce point au moment de l'impact.

Le point de contrôle est repéré sur la surface de la pièce de frappe où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et la pièce de frappe, perpendiculaire au plan contenant les deux axes, entre en contact avec la surface de la pièce de frappe.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe est le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle est choisi comme décrit ci-dessus.

Appliquer dix coups à chaque disjoncteur, deux d'entre eux étant appliqués à l'organe de manœuvre et les autres régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon susceptibles d'être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures éventuelles recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après l'avoir fait tourner autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, mais pas au-delà de 60° et deux coups sont appliqués, chacun à peu près à mi-distance entre le coup appliqué sur une face latérale et les coups appliqués sur l'organe de manœuvre.

Les autres coups sont appliqués ensuite de la même façon après avoir fait tourner l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contre-plaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des entrées défonçables, l'échantillon est monté de façon que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Les deux coups sur les organes de manœuvre doivent être appliqués, l'un alors que l'organe de manœuvre est en position de fermeture, l'autre avec l'organe de manœuvre en position d'ouverture.

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens de la présente Norme. En particulier les couvercles, qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou affectent l'usage ultérieur du disjoncteur, les organes de manœuvre, les revêtements ou cloisons en matériau isolant et analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il doit être vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes, telles que les enveloppes ou les couvercles, est possible sans endommager ni ces parties ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement en dessous des valeurs spécifiées en 8.1.3 et de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques sont négligés.

9.13.2.3 *Les disjoncteurs à vis sont vissés à fond dans la base appropriée, un couple de 2,5 Nm étant appliqué pendant 1 min.*

Après l'essai, l'échantillon ne doit pas présenter de dommages susceptibles d'affecter son usage ultérieur.

9.13.2.4 *Les disjoncteurs destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi massive verticale, sans câbles connectés et sans couvercles ou plaques de recouvrement.*

Les disjoncteurs enfichables conçus pour montage en saillie sont montés complets avec les moyens appropriés de connexion par enfichage, mais sans y raccorder les câbles et sans aucune plaque de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée sans secousses pendant 1 min sur la surface avant du disjoncteur et suivie immédiatement d'une force verticale appliquée vers le haut de 50 N pendant 1 min (voir Figure 14).

Durant cet essai, le disjoncteur ne doit pas prendre de jeu et, après l'essai, il ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

9.13.2.5 *Les disjoncteurs enfichables dont le maintien en position dépend seulement de leur connexion sont montés sur une paroi rigide verticale, complets avec leur base appropriée pour l'enfichage, mais sans raccorder les câbles et sans aucun capot.*

Une force de 20 N est appliquée sans secousse pendant 1 min sur la partie disjoncteur à un point équidistant des connexions enfichables (voir Figure 16).

Pendant l'essai, la partie disjoncteur ne doit pas se détacher et ne doit pas se déplacer par rapport à la base; après l'essai les deux parties ne doivent pas présenter de dommages susceptibles d'affecter leur usage ultérieur.

9.14 Essai de résistance à la chaleur

9.14.1 *Les échantillons, sans couvercles amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de (100 ± 2) °C; les couvercles amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de (70 ± 2) °C.*

Au cours de l'essai, les échantillons ne doivent subir aucune modification qui affecterait leur emploi ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas avoir coulé au point que les parties sous tension soient devenues apparentes.

Après l'essai et après que les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties sous tension qui ne sont normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'épreuve normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Après l'essai, les marquages doivent être encore lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas pris en considération, à condition que la sécurité ne soit pas affectée au sens de la présente Norme.

9.14.2 *Les parties extérieures en matériau isolant des disjoncteurs, nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, sont soumises à un essai de pression à la bille au moyen de l'appareil décrit sur la Figure 15, sauf, le cas échéant, les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position dans une boîte les bornes pour des conducteurs de protection, qui doivent être soumises aux essais selon les exigences de 9.14.3.*

La partie à soumettre aux essais est placée sur un support d'acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement et une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon, qui est alors refroidi en 10 s approximativement pour atteindre la température ambiante, par immersion dans l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.14.3 *Les parties extérieures en matériau isolant des disjoncteurs qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille selon 9.14.2, mais l'essai est effectué à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$, ou $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai de 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.*

NOTE 1 Pour les essais de 9.14.2 et 9.14.3, les bases des disjoncteurs pour montage en saillie sont considérées comme des parties extérieures.

NOTE 2 Les essais de 9.14.2 et 9.14.3 ne sont pas effectués sur les parties en matériau céramique.

NOTE 3 Si deux ou plusieurs des parties isolantes mentionnées en 9.14.2 et 9.14.3 sont réalisées en un même matériau, l'essai décrit en 9.14.2 ou 9.14.3, selon le cas, est effectué, seulement sur une de ces parties.

9.15 Résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un disjoncteur complet conformément à l'IEC 60695-2-10 dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des disjoncteurs nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai fait à une température de $(960 \pm 15) ^\circ\text{C}$;*
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par l'essai fait à une température de $(650 \pm 10) ^\circ\text{C}$.*

NOTE Pour ces essais, les bases des disjoncteurs pour montage en saillie sont considérées comme des parties extérieures.

Les petites pièces, dont chaque surface se situe complètement à l'intérieur d'un cercle de 15 mm de diamètre, ou dont toute partie de la surface se situe à l'extérieur d'un cercle de 15 mm de diamètre et où un cercle de 8 mm de diamètre ne peut être ajusté sur aucune des surfaces, ne sont pas soumises à l'essai de ce paragraphe (voir Figure 17 pour la représentation schématique).

Si des parties isolantes sont faites du même matériau, l'essai est effectué sur une de ces parties seulement, selon la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur les parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essais définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie du matériau isolant, qui aurait pu s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie en essai. L'essai est réalisé sur trois échantillons, les points d'application de l'essai au fil incandescent étant différents d'un échantillon à l'autre.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement à la zone des bornes ou à la chambre de coupure ou à la zone du dispositif de déclenchement magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer profondément sous la surface extérieure sans toucher des parties en métal relativement grandes ou des céramiques, qui refroidiraient rapidement le fil incandescent et en plus limiteraient la quantité de matériau isolant en contact avec le fil incandescent. Dans cette situation, les parties garantissent la sévérité minimale de l'essai par refroidissement du fil incandescent et en limitant l'accès au matériau isolant à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en utilisation normale (avec la surface à soumettre aux essais en position verticale).

Si une partie interne du matériau isolant influence l'essai avec un résultat négatif, la partie interne identifiée du matériau isolant d'un nouvel échantillon peut être retirée. Ensuite, l'essai au fil incandescent doit être répété au même endroit sur ce nouvel échantillon.

En accord avec le fabricant et comme méthode alternative, il est acceptable d'enlever la partie en cours d'examen dans son intégralité et de la soumettre à l'essai séparément (voir l'IEC 60695-2-11:2000, Article 4).

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent si

- soit il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée,*
- soit les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.*

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin ne doit pas être roussie.

9.16 Essai de résistance à la rouille

Toute la graisse est enlevée des parties destinées à être soumises à l'essai par immersion dans un dégraissant chimique à froid tel que l'essence méthyl-chloroforme ou de l'essence raffinée, pendant 10 min. Les parties sont ensuite immergées pendant 10 min dans une solution à 10 % de chlorure d'ammonium dans l'eau à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Sans les sécher, mais après avoir secoué des gouttes éventuelles, les suspendre pendant 10 min dans une enceinte à atmosphère saturée d'humidité à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Après que les parties ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, elles ne doivent présenter aucune trace de rouille sur leurs surfaces.

NOTE Les traces de rouille sur les arêtes et un voile jaunâtre disparaissant par simple frottement sont ignorés.

Pour les petits ressorts et organes analogues et pour les parties inaccessibles exposées à l'abrasion, une couche de graisse peut constituer une protection suffisante contre la rouille. De telles parties ne sont soumises à l'essai que s'il y a un doute au sujet de l'efficacité de la couche de graisse et, dans ce cas, l'essai est effectué sans dégraissage préalable.

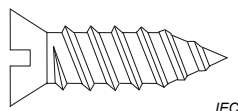


Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.3.22)

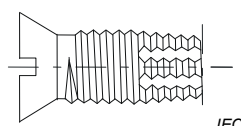


Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.3.23)

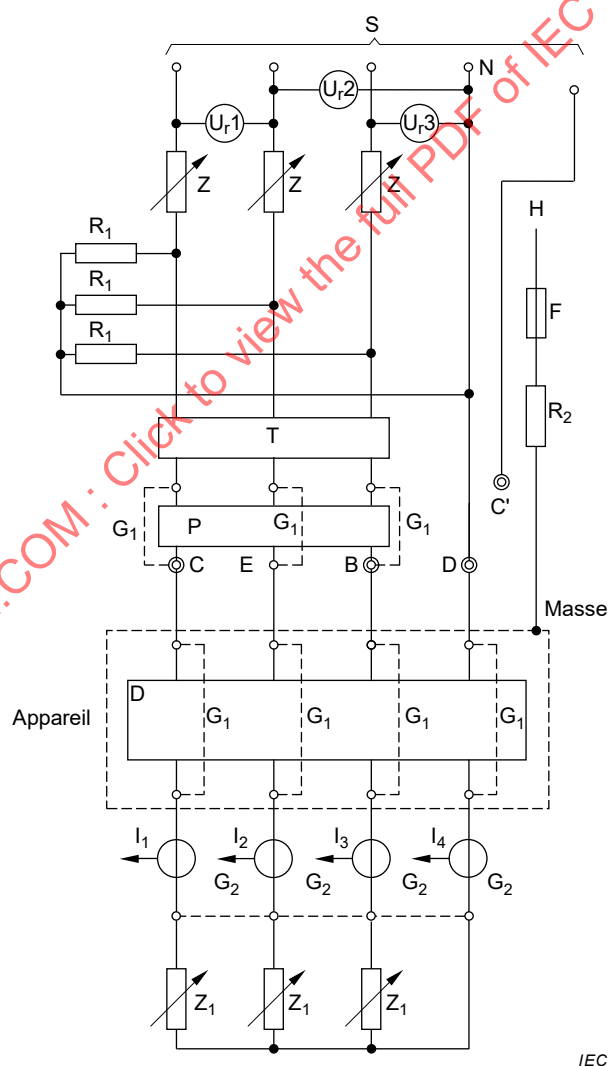
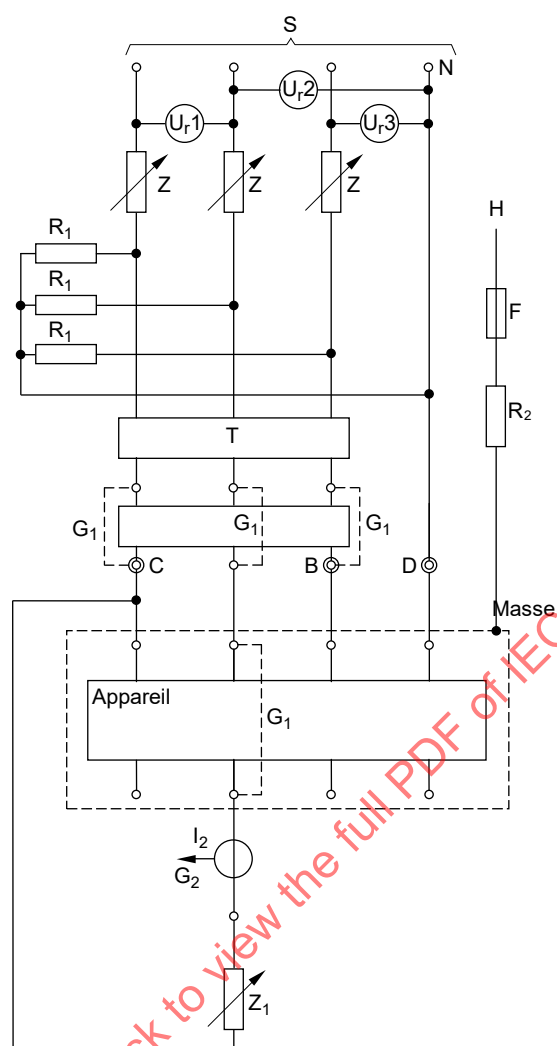
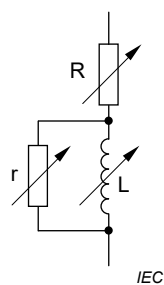


Figure 3 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui de 9.12.11.2.2)



IEC

Figure 4 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2)



IEC

Figure 5 – Détail des impédances Z et Z_1

Explication des symboles littéraux utilisés dans les Figures 3, 4 et 5

N	=	Conducteur neutre
S	=	Alimentation
R	=	Résistance(s) réglable(s)
Z	=	Impédance dans chaque phase pour l'étalonnage du courant de court-circuit assigné. Les inductances doivent être de préférence sans fer et connectées en série avec des résistances pour obtenir le facteur de puissance exigé.
Z_1	=	Impédance réglable pour obtenir des courants inférieurs au courant de court-circuit assigné
Châssis	=	Toutes les parties conductrices normalement mises à la terre en service, y compris les FE, le cas échéant.
G_1	=	Connexion(s) provisoire(s) pour l'étalonnage
G_2	=	Connexion(s) pour l'essai au courant de court-circuit assigné
T	=	Interrupteur pour le court-circuit
I_1, I_2, I_3, I_4	=	Capteur(s) de courant Peu(ven)t être situé(s) sur l'alimentation ou sur le côté aval du dispositif en essai, mais toujours du côté secondaire du transformateur
U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}	=	Capteur(s) de tension
F	=	Fil de cuivre destiné à détecter un courant de défaut
R_1	=	Résistance absorbant un courant d'environ 10 A par phase
R_2	=	Résistance limitant le courant dans le dispositif F
r	=	Résistance(s) prenant environ 0,6 % du courant
B, C et C'	=	Points de connexion de la (des) grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C
L	=	Inductance(s) réglable sans fer
P	=	Dispositif de protection contre les courts-circuits pour essai selon l'Annexe D

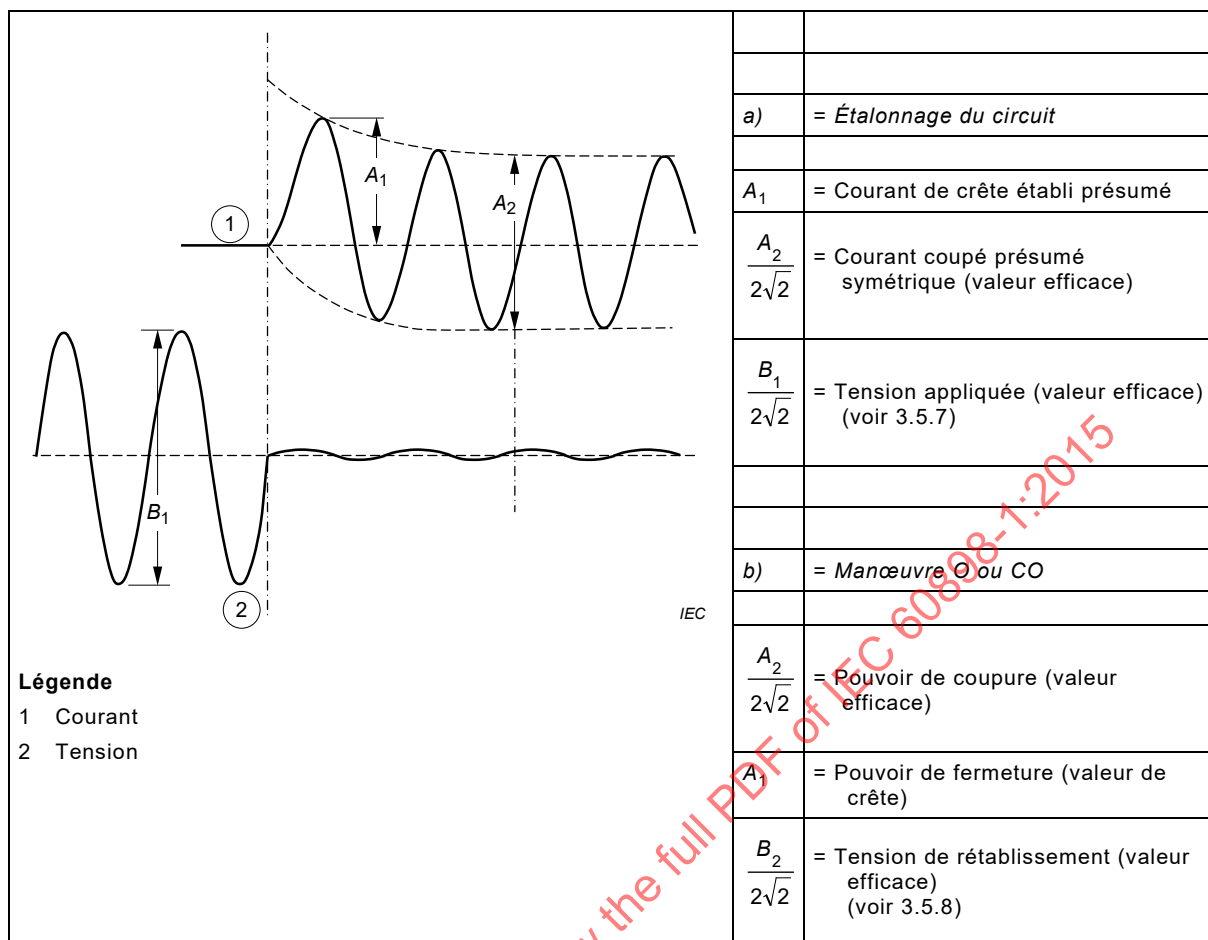
NOTE 1 Le dispositif de fermeture T peut également être situé entre les bornes du côté aval du dispositif en essai et les capteurs de courant I_1, I_2 et I_3 selon le cas.

NOTE 2 Les capteurs de tension U_{r1}, U_{r2} et U_{r3} sont connectés entre phase et neutre, selon le besoin.

NOTE 3 La puissance réglable Z peut être située du côté haute tension du circuit d'alimentation.

NOTE 4 Si le fabricant est d'accord, les résistances R_1 peuvent être omises.

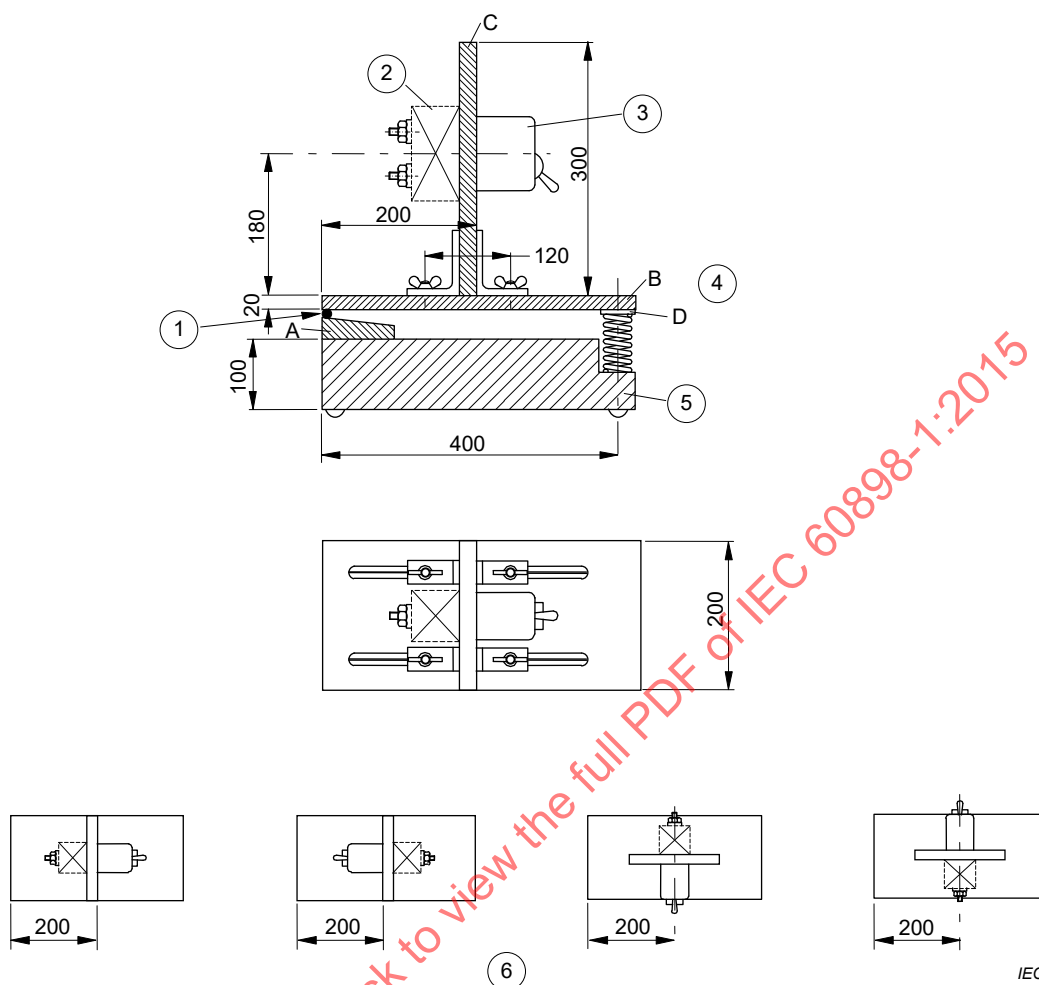
NOTE 5 Il est recommandé de connecter 0,5 m du côté amont et 0,25 m du côté aval du disjoncteur en essai.



NOTE 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 dispositifs d'enregistrement de la tension selon le schéma d'essai.

Figure 6 – Exemple d'enregistrement d'un essai de fermeture ou de coupure en court-circuit dans le cas d'un dispositif unipolaire en courant monophasé

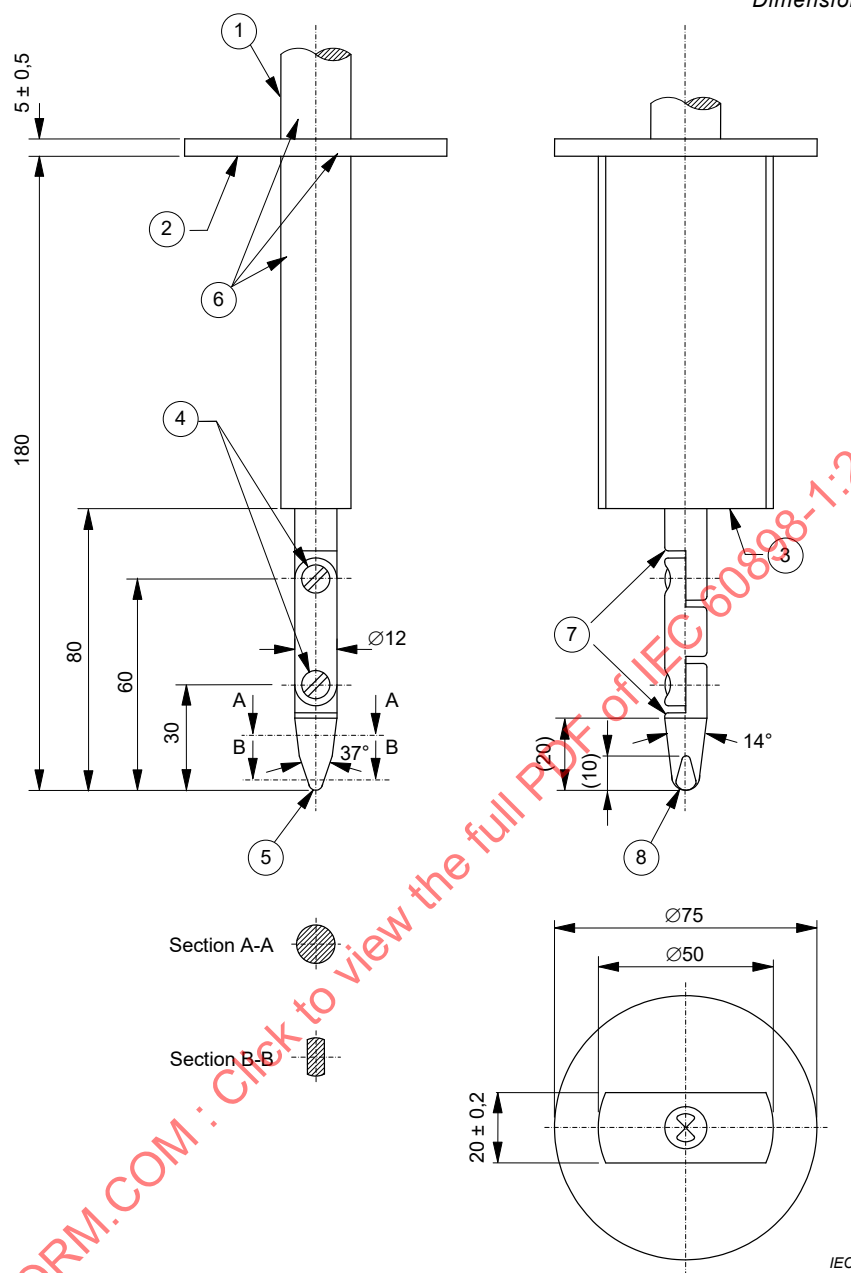
Dimensions en millimètres

**Légende**

- 1 Charnière
- 2 Masse supplémentaire
- 3 Échantillon
- 4 Plaque d'arrêt en métal
- 5 Bloc de béton
- 6 Positions consécutives d'essai

Figure 7 – Dispositif pour l'essai de résistance aux secousses mécaniques (9.13.1)

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 Poignée
- 2 Protecteur
- 3 Face d'arrêt
- 4 Articulations

Matériau: métal, sauf spécification contraire

Tolérances sur les dimensions sans tolérance spécifique:

sur les angles:

sur les dimensions linéaires:

jusqu'à 25 mm:

au-delà de 25 mm:

5 R2 ± 0,05 cylindrique

6 Matériau isolant

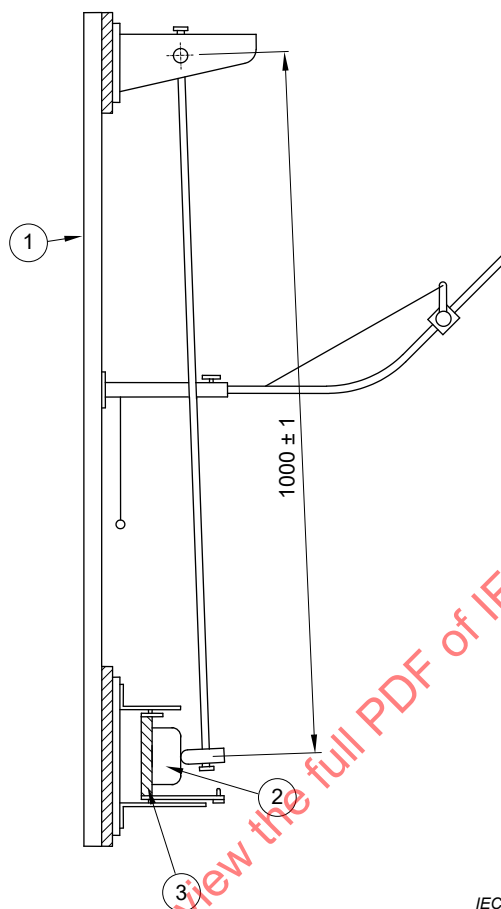
7 Chanfreiner tous les bords

8 R4 ± 0,05 sphérique

Les deux articulations doivent permettre un mouvement d'un angle de 90° avec une tolérance de $^{+10}_{0}^{\circ}$ sur le même plan et dans la même direction.

Figure 8 – Doigt d'essai normalisé (9.6)

Dimensions en millimètres



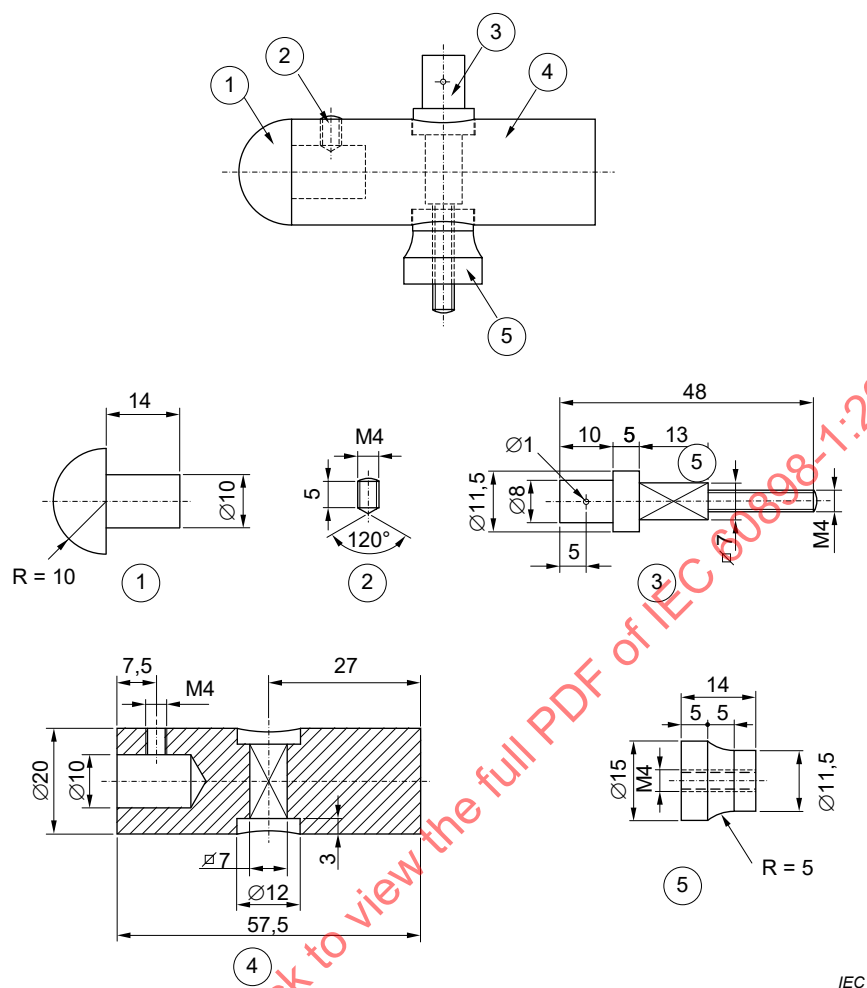
IEC

Légende

- 1 Masse
- 2 Échantillon
- 3 Support de montage

Figure 9 – Dispositif pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)

Dimensions en millimètres

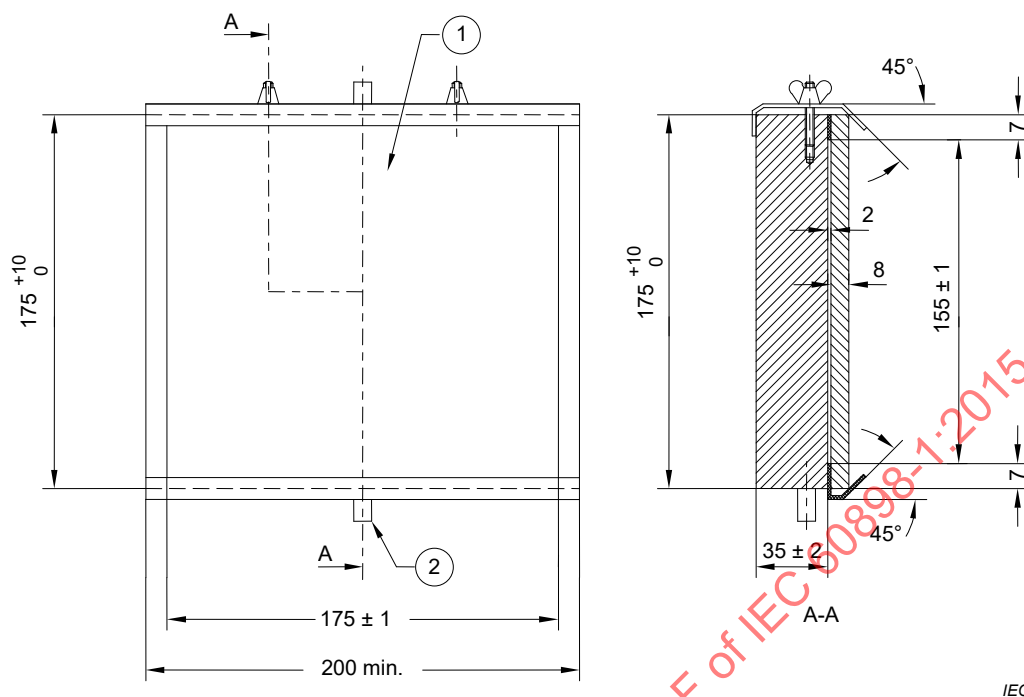


Légende

- | | |
|------------|--------------|
| 1 | Polyamide |
| 2, 3, 4, 5 | Acier Fe 360 |

Figure 10 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)

Dimensions en millimètres

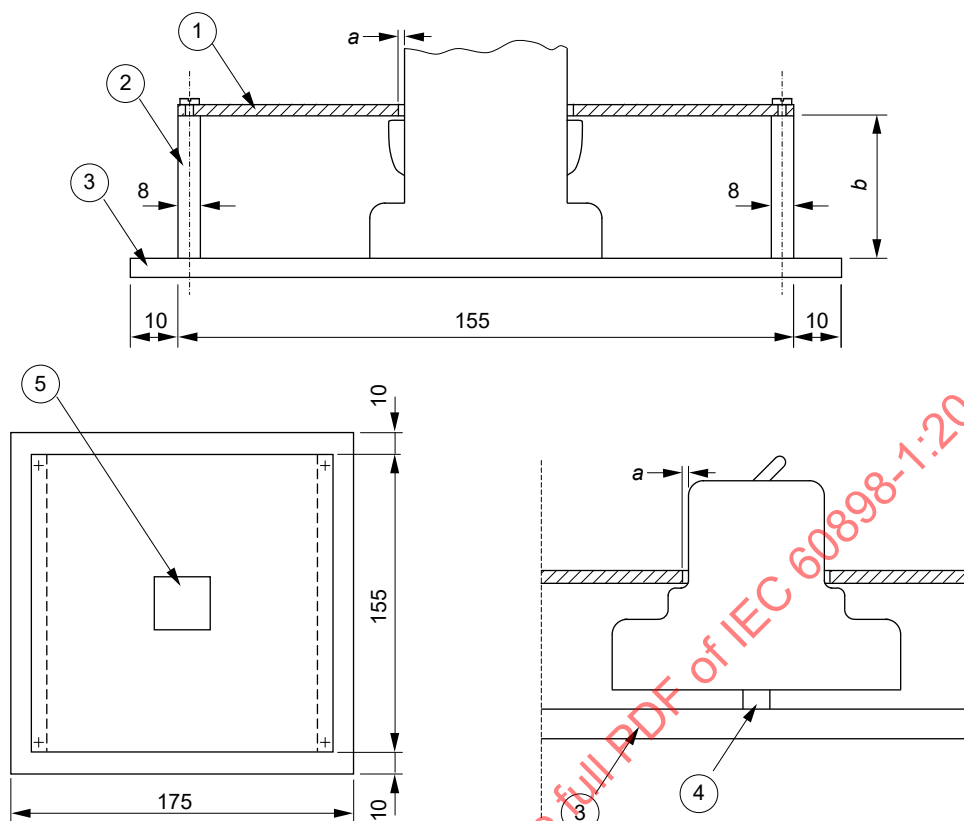


Légende

- 1 Plaque de contre-plaqué
- 2 Pivot

Figure 11 – Support de montage pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)

Dimensions en millimètres



IEC

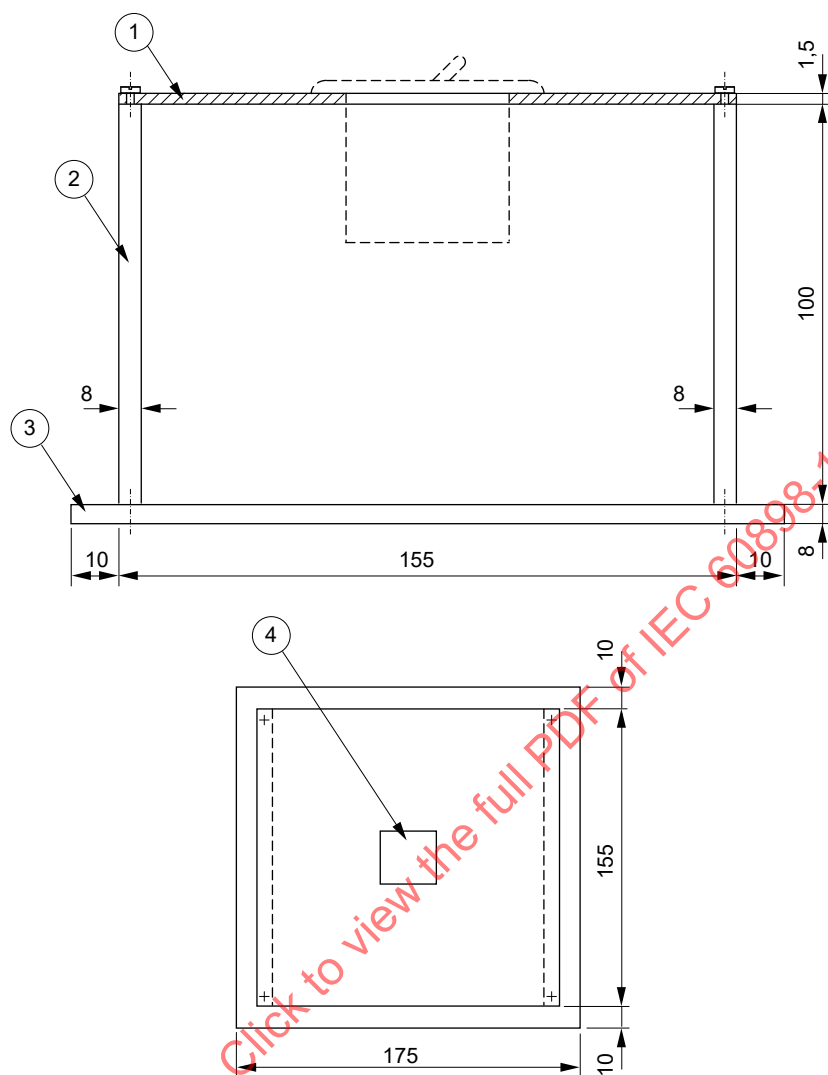
Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Rail pour disjoncteur destiné à être monté sur rail
- 5 Découpe dans la plaque d'acier pour le disjoncteur

- a* la distance entre les bords de la découpe et les parois du disjoncteur doit être comprise entre 1 mm et 2 mm
- b* la hauteur des plaques d'aluminium doit être telle que la plaque d'acier est appliquée sur les épaulements du disjoncteur, ou, si le disjoncteur n'est pas muni de tels épaulements, la distance des parties actives - qui doivent être protégées par un capot supplémentaire - à la face inférieure de la plaque d'acier est de 8 mm.

Figure 12 – Exemple de montage d'un disjoncteur pour fixation arrière pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)

Dimensions en millimètres



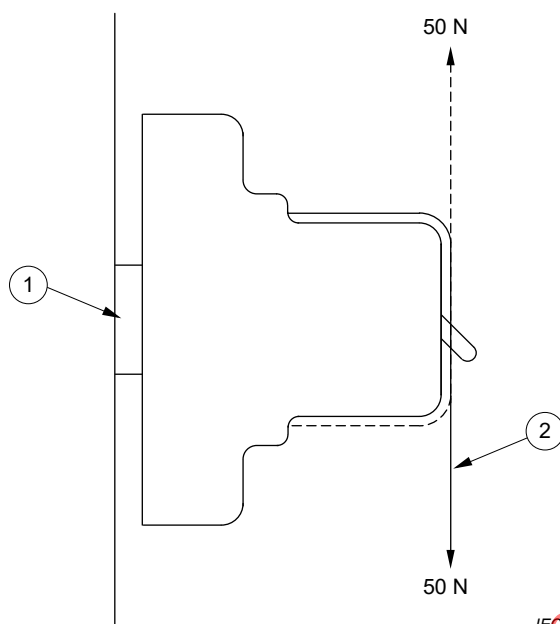
IEC

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1,5 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Découpe dans la plaque d'acier pour le disjoncteur

NOTE Les dimensions peuvent être augmentées pour des cas particuliers.

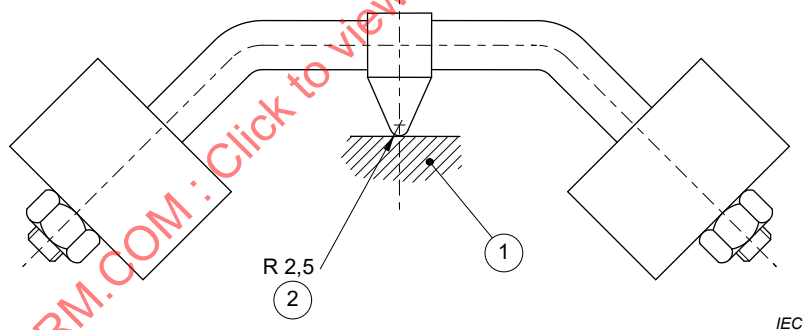
Figure 13 – Exemple de montage d'un disjoncteur pour montage en tableau pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (9.13.2)



Légende

- 1 Rail
- 2 Cordon

Figure 14 – Application de la force pour l'essai mécanique d'un disjoncteur pour montage sur rail (9.13.2.4)



Légende

- 1 Échantillon
- 2 Sphérique

Figure 15 – Dispositif pour l'essai de pression à la bille

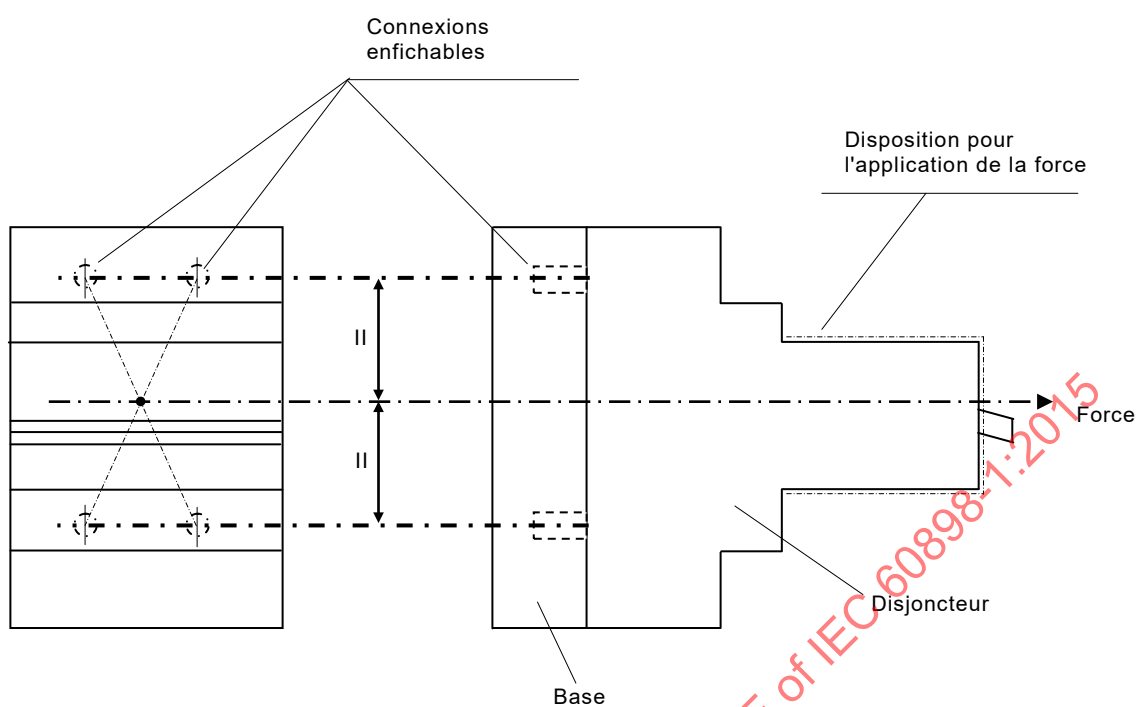
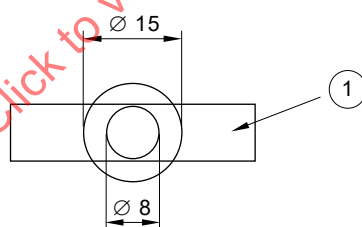
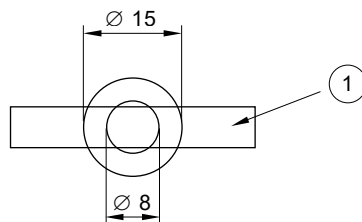


Figure 16 – Exemple d'application de la force pour l'essai mécanique d'un disjoncteur enfichable bipolaire dont le maintien en position dépend seulement des connexions enfichables (9.13.2.5)

Dimensions en millimètres



À soumettre aux essais



Aucun essai n'est exigé

IEC

Légende

- 1 Échantillon

Figure 17 – Représentation schématique (9.15)