

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Power frequency overvoltage protection devices (POPs) for household and similar applications

Dispositifs de protection contre les surtensions à fréquence industrielle (POP) pour les applications domestiques et similaires

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63052:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Power frequency overvoltage protection devices (POPs) for household and similar applications

Dispositifs de protection contre les surtensions à fréquence industrielle (POP) pour les applications domestiques et similaires

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-7268-8

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

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	12
3.1 Terms and definitions	12
3.2 Abbreviated terms	14
4 Classification	15
4.1 According to the method of construction	15
4.2 According to the number of monitored line-to-neutral conductor voltages	15
4.3 According to the method of mounting	15
5 Characteristics of POPs	15
5.1 Summary of characteristics	15
5.2 Rated quantities and other characteristics	16
5.2.1 Rated voltage	16
5.2.2 Rated current (I_n)	16
5.2.3 Rated frequency	16
5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)	16
5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	16
5.3 Standard and preferred values	16
5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)	16
5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)	17
5.3.3 Preferred values of rated frequency	17
5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)	17
5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	17
5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current for one pole (I_{nc1})	17
5.3.7 Limit values of the break times and non-actuating times	18
5.3.8 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp})	18
5.4 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)	18
5.4.1 General	18
5.4.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})	19
5.4.3 Operating characteristics of opening means for POPs according to 4.1.4	19
6 Marking and other product information	19
6.1 Marking	19
6.2 Additional marking for POPs according to 4.1.4	22
6.2.1 Marking of POPs	22
6.2.2 Instructions for wiring and operation	22
7 Standard conditions for operation in service and for installation	22
7.1 Standard conditions	22
7.2 Conditions of installation	23
7.3 Pollution degree	23
8 Requirements for construction and operation	23
8.1 General	23

8.2	Mechanical design	24
8.2.1	General	24
8.2.2	Mechanism	25
8.2.3	Clearances and creepage distances	26
8.2.4	Screws, current-carrying parts and connections	29
8.2.5	Terminals for external conductors	30
8.3	Protection against electric shock	32
8.4	Dielectric properties and isolating capability	33
8.5	Temperature-rise	33
8.5.1	Temperature-rise limits	33
8.5.2	Ambient air temperature	34
8.6	Operating characteristics	34
8.6.1	Operating characteristics of the MPD part	34
8.6.2	Operating characteristics of the POP	34
8.7	Mechanical and electrical endurance	34
8.8	Performance at short-circuit currents	35
8.9	Resistance to mechanical shock and impact	35
8.10	Resistance to heat	35
8.11	Resistance to abnormal heat and to fire	35
8.12	Safety performance of overstressed POPs	35
8.13	Behaviour of POPs in case of current surges caused by impulse voltages	35
8.14	Reliability	35
8.15	Electromagnetic compatibility (EMC)	35
9	Testing procedure	36
9.1	General	36
9.1.1	General testing procedure for the different type of POPs	36
9.1.2	Characteristics of POPs are checked by means of type tests	37
9.1.3	For certification purposes, type tests are carried out in test sequences	38
9.2	Test conditions	38
9.3	Test of indelibility of marking	39
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	39
9.5	Test of reliability of terminals for external conductors	41
9.6	Verification of protection against electric shock	42
9.7	Test of dielectric properties	42
9.7.1	Resistance to humidity	42
9.7.2	Insulation resistance of the main circuit	43
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit	44
9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits	44
9.7.5	Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high DC voltages due to insulation measurements	45
9.7.6	Verification of impulse withstand voltages and of leakage current across open contacts	46
9.8	Test of temperature-rise	48
9.8.1	Ambient air temperature	48
9.8.2	Test procedure	48
9.8.3	Measurement of the temperature of parts	49
9.8.4	Temperature-rise of a part	49
9.9	Verification of the operating characteristics	49
9.9.1	Test circuit	49

9.9.2	Off-load characteristic tests with sinusoidal alternating voltages at the reference temperature of 20 °C ± 5 °C	49
9.9.3	Test of the effect of the ambient air temperature on the operating characteristics	50
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance	50
9.10.1	General test conditions	50
9.10.2	Test procedure	50
9.10.3	Additional test for POP according to 4.1.4	51
9.10.4	Condition of the POP after the test	51
9.11	Verification of the behaviour of the POP under short-circuit conditions.....	52
9.11.1	General	52
9.11.2	Short-circuit tests for POPs according to 4.1.4.....	52
9.12	Verification of resistance to mechanical shock and impact	59
9.12.1	Mechanical shock	59
9.12.2	Mechanical impact.....	60
9.13	Test of resistance to heat.....	62
9.13.1	Test on complete product	62
9.13.2	Ball pressure test.....	63
9.14	Test of resistance to abnormal heat and to fire	64
9.15	Test of safety performance of overstressed POPs.....	65
9.16	Verification of behaviour of POPs in case of current surges caused by impulse voltages	65
9.16.1	General	65
9.16.2	Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test).....	66
9.17	Verification of ageing of electronic components	66
9.18	Electromagnetic compatibility (EMC).....	67
9.18.1	General	67
9.18.2	EMC tests covered by other clauses/subclauses of the present document	67
9.18.3	EMC tests to be performed	67
9.18.4	POPs performance criteria.....	69
9.18.5	Emission tests	70
9.19	Tests of creepage distances and clearances for electronic circuits (abnormal conditions)	71
9.19.1	General	71
9.19.2	Abnormal conditions	71
9.19.3	Test procedure	71
9.20	Requirements for capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits	73
9.20.1	General	73
9.20.2	Capacitors	73
9.20.3	Resistors	74
9.20.4	Inductors and windings	74
Annex A (normative)	Test sequences and number of samples to be submitted for certification purposes.....	91
A.1	Test sequences	91
A.2	Number of samples to be submitted for full test procedure	96
A.3	Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of simultaneous submission of a range of POPs of the same fundamental design.....	96

Annex B (normative) Determination of clearances and creepage distances	98
B.1 General.....	98
B.2 Orientation and location of a creepage distance.....	98
B.3 Creepage distances where more than one material is used.....	98
B.4 Creepage distances split by floating conductive part.....	98
B.5 Measurement of creepage distances and clearances	98
Annex C (normative) Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests	102
Annex D (informative) Methods of determination of short-circuit power factor	105
D.1 General.....	105
D.2 Method I – Determination from DC components	105
D.3 Method II – Determination with pilot generator	105
Annex E (informative) Examples of terminal designs.....	106
Annex F (informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors.....	109
Annex G (informative) SCPDs for short-circuit tests	110
G.1 General.....	110
G.2 Silver wires	110
G.3 Declared protective devices	110
G.4 Other means	111
Annex H (informative) POP configurations according to classification in 4.1	112
Bibliography.....	113
Figure 1 – Thread forming tapping screw	74
Figure 2 – Thread cutting tapping screw	74
Figure 3 – Standard test finger (see 9.6).....	75
Figure 4 – Typical diagram for all short circuit tests except for the verification of the suitability in IT systems.....	76
Figure 5 – Typical diagram for the verification of the suitability in IT systems.....	77
Figure 6 – Detail of impedance Z , Z_1 and Z_2 in Figure 4 and Figure 5	77
Figure 7 – Example of calibration record for short-circuit test (see 9.11.2.2 j))	79
Figure 8 – Mechanical shock test apparatus (see 9.12.1).....	80
Figure 9 – Mechanical impact test apparatus (see 9.12.2).....	81
Figure 10 – Striking element for pendulum impact test apparatus (see 9.12.2).....	82
Figure 11 – Mounting support for sample for mechanical impact test (see 9.12.2).....	83
Figure 12 – Example of mounting of unenclosed POPs for mechanical impact test (see 9.12.2).....	84
Figure 13 – Example of mounting of panel mounting type POPs for mechanical impact test (see 9.12.2)	85
Figure 14 – Application of force for mechanical test of rail mounted POPs (see 9.12.2)	86
Figure 15 – Ball-pressure test apparatus (see 9.13.2).....	86
Figure 16 – Surge current impulse 8/20 μ s.....	87
Figure 17 – Test circuit for the surge current test.....	87
Figure 18 – Example of test circuit for verification of ageing of electronic components (see 9.17)	88
Figure 19 – Minimum creepage distances and clearances measured in millimetres.....	89

Figure 20 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage	90
Figure C.1 – Test arrangement	103
Figure C.2 – Grid	104
Figure C.3 – Grid circuit	104
Figure E.1 – Examples of pillar terminals	106
Figure E.2 – Examples of screw terminals and stud terminals	107
Figure E.3 – Examples of saddle terminals	108
Figure E.4 – Examples of lug terminals	108
Figure G.1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP	111
Figure H.1 – POP according to classification in 4.1	112
Table 1 – Limit values of break times and non-actuating times	18
Table 2 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation	18
Table 3 – Marking and position of marking	20
Table 4 – Standard conditions for operation in service	23
Table 5 – Minimum clearances and creepage distances	27
Table 6 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals	31
Table 7 – Temperature-rise values	33
Table 8 – List of type tests	38
Table 9 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	39
Table 10 – Screw thread diameters and applied torques	40
Table 11 – Pulling forces	41
Table 12 – Test voltage of auxiliary circuits	45
Table 13 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	47
Table 14 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, in reference to the rated impulse withstand voltage of the POP and the altitude at which the test is carried out	48
Table 15 – Tests to be made to verify the behaviour of POPs under short-circuit conditions	52
Table 16 – Minimum values of I^2t and I_p	54
Table 17 – Power factors for short-circuit tests	55
Table 18 – Tests already covered in this document	67
Table 19 – Tests to be applied for EMC	68
Table 20 – Emission test conditions	70
Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions	72
Table A.1 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.1	92
Table A.2 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.2	93
Table A.3 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.3	94
Table A.4 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.4	95
Table A.5 – Number of samples for full test procedure	96
Table A.6 – Number of samples for simplified test procedure	97
Table F.1 – ISO and AWG copper conductor correspondence	109

Table G.1 – Indication of silver wire diameters as a function of rated currents and short-circuit currents	110
--	-----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63052:2019

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER FREQUENCY OVERVOLTAGE PROTECTION DEVICES (POPs) FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR APPLICATIONS

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 63052 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

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

FDIS	Report on voting
23E/1131/FDIS	23E/1155/RVD

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

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

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

5.3.6.2: In Korea, the values of 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A are also considered as standard values.

6.1: In Australia, this marking is mandatory but is not required to be visible after installation.

8.2.2: In the USA, the colours red and green are not used for contact position indication.

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

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

The contents of the corrigendum of November 2019 have been included in this copy.

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

POWER FREQUENCY OVERVOLTAGE PROTECTION DEVICES (POPs) FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR APPLICATIONS

1 Scope

This document applies to devices for power frequency overvoltage protection (hereafter referred to as "POP") for household and similar uses, with a rated frequency of 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz, with rated voltage not exceeding 230 V AC (between phase and neutral), and with rated current not exceeding 63 A, either consisting of a functional unit in combination with a main protective device (MPD), or as one single device having opening means able to open the protected circuit in specified conditions.

The main protective device is a circuit-breaker, an RCCB or an RCBO.

NOTE 1 A POP, as one single device, is not a protective device to be used for automatic disconnection of the supply within the meaning specified in IEC 60364-4-41.

POPs are intended for use in an environment with pollution degree 2 and overvoltage category III. Devices for POPs are suitable for isolation.

POPs can be designed as a POP unit assembled to or integrated in a main protective device by the manufacturer or as an assembly of a main protective device mechanically or electrically coupled on site with the POP unit, or as one single POP having opening means able to open the protected circuit in specified conditions.

POPs are intended to mitigate the effects of power frequency overvoltages between a phase and neutral conductor (e.g. caused by loss of a neutral conductor in the three-phase supply upstream of the POP) for downstream equipment by opening the protected circuit when an overvoltage between phase and neutral is detected.

NOTE 2 In this context, the verb "mitigate" means that the POP will provide protection in most cases of power frequency overvoltages.

POPs intended for monitoring one line-to-neutral conductor voltage can be used between two-phase conductors in a phase-to-phase electrical supply system not exceeding 230 V if both conductors are switched and declared as such by the manufacturer.

POPs according to this document are suitable for use in an IT system provided all active conductors are switched.

This document does not apply to protection against common mode overvoltages.

This document does not apply to surge protective devices.

2 Normative references

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

IEC 60065:2014, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

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

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60384-14:2013, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60384-14:2013/AMD1:2016

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

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

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

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

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

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

IEC 60898-1:2015, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 60898-2:2016, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 2: Circuit-breakers for AC and DC operation*

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-16:2015, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61008-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61008-1:2010/AMD1:2012

IEC 61008-1:2010/AMD2:2013

IEC 61009-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*

IEC 61009-1:2010/AMD1:2012

IEC 61009-1:2010/AMD2:2013

IEC 61249-2 (all parts), *Materials for printed boards and other interconnecting structures*

IEC 61543:1995, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

IEC 61543:1995/AMD1:2004

IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 61558-1, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2 (all parts), *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof*

IEC 62423, *Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses*

IEC 62873-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 2: Residual current devices (RCDs) – Vocabulary*

IEC 62873-3-1, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-1: Particular requirements for RCDs with screwless-type terminals for external copper conductors*

IEC 62873-3-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-2: Particular requirements for RCDs with flat quick-connect terminations*

IEC 62873-3-3, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-3: Specific requirements for RCDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors*

ISO 306, *Plastics – Thermoplastic materials – Determination of Vicat softening temperature (VST)*

CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

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

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62873-2 and the following apply.

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

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

NOTE Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply RMS values, unless otherwise specified.

3.1.1

power frequency overvoltage

increase of the voltage at the rated frequency in the electrical supply system, above a specified threshold

3.1.2

power frequency overvoltage protective device

POP

device intended to mitigate the effects of power frequency overvoltages between the phase and neutral conductor (e.g. caused by loss of the neutral conductor in the three-phase supply upstream of the POP) for downstream equipment

Note 1 to entry: A POP monitoring one line-to-neutral conductor voltage can be used also to mitigate the effects of power frequency overvoltages between two-phase conductors in phase-to-phase electrical supply systems.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.3

main protective device

MPD

device to which the POP is intended to be integrated, or mechanically coupled, or electrically coupled, directly or through a release unit and which trips under specified conditions

Note 1 to entry: The main protective device is a circuit-breaker (IEC 60898-1 or IEC 60898-2) or an RCCB (IEC 61008-1 or IEC 62423) or an RCBO (IEC 61009-1 or IEC 62423).

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.4

actuating voltage

U_a

voltage value measured between the phase and neutral conductor, at which the POP actuates the main protective device or the integrated opening means

3.1.5

release unit

device mechanically connected to a main protective device, which releases the holding means and permits the automatic opening of the main protective device

Note 1 to entry: The release unit may be mechanically coupled with the MPD or integrated into the MPD.

3.1.6

POP unit

part of the POP ensuring the function of detection of power frequency overvoltages and initiating the operation of the device to cause interruption of the current

Note 1 to entry: The interruption of the current can either be provided by opening means (see 4.1.4) or by a main protective device assembled or integrated by the manufacturer with the POP unit (see 4.1.1) or by a main protective device coupled on site with a POP unit (see 4.1.2 and 4.1.3).

3.1.7

break time

t_B

time that elapses between the instant when the overvoltage is suddenly attained, and the instant when the MPD associated to the POP or the integrated opening means has switched OFF the protected circuit

3.1.8

non-actuating time

t_{0A}

maximum period during which a given overvoltage can be applied to the POP without causing it to operate

3.1.9

closed position

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the POP is secured

3.1.10

open position

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

3.1.11

pole of a switching device

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

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01]

3.1.12

making capacity

value of the AC component of a prospective current that a POP is capable of making at a stated voltage under specified conditions of use and behaviour

3.1.13

breaking capacity

value of the AC component of a prospective current that a POP is capable of breaking at a stated voltage under specified conditions of use and behaviour

3.1.14

conditional short-circuit current

I_{nc}

value of the AC component of a prospective current which a POP protected by a suitable short-circuit protective device (SCPD) in series can withstand under specified conditions of use and behaviour

3.1.15

prospective current

current that would flow in the circuit if each main current path of the POP 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, etc.

3.1.16

short-circuit making and breaking capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its RMS value, which the POP is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

[SOURCE: IEC 60050-442:2019, 442-05-48, modified – Adapted to POPs.]

3.2 Abbreviated terms

CTI	comparative tracking index
MPD	main protective device
POP	power frequency overvoltage protection device
RCBO	residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection

RCCB	residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection
RCD	residual current device
SCPD	short-circuit protective device

4 Classification

4.1 According to the method of construction

4.1.1 POP unit assembled to or integrated in the main protective device by the manufacturer as one device;

4.1.2 POP unit with a release unit mechanically coupled on site with a main protective device;

4.1.3 POP unit to be only electrically coupled on site with the release unit attached to the main protective device;

4.1.4 POP as one single device having opening means and intended to be connected in series with a suitable short-circuit protective device declared by the manufacturer complying with one of the following documents IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61009-1, and RCBOs according to IEC 62423 or IEC 60269 (all parts).

POP configurations according to the classification in 4.1 are shown in Annex H.

4.2 According to the number of monitored line-to-neutral conductor voltages

4.2.1 One monitored line-to-neutral conductor voltage.

4.2.2 Three monitored lines-to-neutral conductor voltages.

NOTE A POP according to classification 4.2.1 can be used to monitor voltage between two phases in a phase-to-phase electrical supply system with rated voltage of 230 V according to the instruction sheets accompanying the product. In this case, the voltage is not monitored between line and neutral but between two lines.

4.3 According to the method of mounting

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

NOTE These types can be rail mounted.

5 Characteristics of POPs

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of the standard of the main protective device and the following apply:

- protection against external influences;
- method of mounting;
- method of connection;
- value of rated operational voltage;
- value of rated frequency;
- limit values of break times and non-actuating times.

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_n)

The rated operational voltage (hereafter referred to as "rated voltage") of a POP is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

The same POP may be assigned for a number of rated voltages.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of a POP 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 POP. 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 POP shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage according to Table F.1 of IEC 60664-1:2007 and to Table 2 of this document.

5.2.2 Rated current (I_n)

The value of current, assigned to the POP by the manufacturer, which the POP can carry in uninterrupted duty.

5.2.3 Rated frequency

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

The same POP may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)

The rated making and breaking capacity of a POP is the RMS value of the AC component of prospective current, assigned by the manufacturer, which a POP can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.11.2 for POPs classified according to 4.1.4, and in the applicable standard of the declared protective device (e.g. IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423) for POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The rated making and breaking capacity on one pole is the RMS value of the AC component of prospective current, assigned by the manufacturer, which a POP can make, carry and break with one pole, under specified conditions.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)

Preferred values of rated voltage are as follows:

- 230 V: wherever in this document there is a reference to 230 V, it may be read as 220 V or 240 V respectively;
- 120 V: wherever in this document there is a reference to 120 V, it may be read as 100 V or 110 V respectively.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

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.

5.3.3 Preferred values of rated frequency

Preferred values of rated frequency are 50 Hz, 60 Hz and 50/60 Hz.

If another value is used, the rated frequency shall be marked on the device and the tests carried out at this frequency.

5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)

The minimum value of the rated making and breaking capacity I_m is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for POPs classified according to 4.1.4 and in the standard of the declared protective device for POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for POPs classified according to 4.1.4 and in the standard of the declared protective device for POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current for one pole (I_{nc1})

5.3.6.1 General

The standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are specified as follows.

5.3.6.2 Values up to and including 10 000 A

Up to and including 10 000 A, the standard values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are:

3 000 A – 4 500 A – 6 000 A – 10 000 A.

The associated power factors are given in 9.11.2 for POPs classified according to 4.1.4 and in the standard of the declared protective device for POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

NOTE In Korea, the values of 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A are also considered as standard values.

5.3.6.3 Values above 10 000 A

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

The associated power factors are given in 9.11.2 for POPs classified according to 4.1.4 and in the applicable standard of the declared protective device for POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3. Values above 25 000 A are not considered in this document.

5.3.7 Limit values of the break times and non-actuating times

The limit values of break time (see 3.1.7) and non-actuating time (see 3.1.8) for the POP are given in Table 1.

Table 1 – Limit values of break times and non-actuating times

	Standard values of break time and non-actuating time at a voltage (U_a) equal to:				
	255 V	275 V	300 V	350 V	400 V
Maximum break time	No tripping	15 s	5 s	0,75 s	0,20 s
Minimum non-actuating time		3 s	1 s	0,25 s	0,07 s

Values for POPs rated 120 V are under consideration.

5.3.8 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 2 gives the standard value of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 2 – 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	120/240, 240 ^c

NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 13.

NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 14.

^a The values 3 kV and 5 kV are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Table 14).

^b For installation practice in Japan.

^c For installation practice in North American countries.

5.4 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)

5.4.1 General

POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3 using an RCCB as an MPD (IEC 61008-1 or IEC 62423) and POPs classified according to 4.1.4 shall be protected against short-circuits by means of circuit-breakers or fuses complying with their relevant standards according to the installation rules of IEC 60364 (all parts).

Coordination between POPs and the SCPD shall be verified under the general conditions of 9.11 to verify that there is an adequate protection of the POPs against short-circuit currents up to the conditional short-circuit current I_{nc} .

5.4.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})

The rated conditional short-circuit current and rated conditional short-circuit on one pole represent the RMS value of prospective current assigned by the manufacturer which a POP protected by an SCPD can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.

5.4.3 Operating characteristics of opening means for POPs according to 4.1.4

5.4.3.1 General

Opening means shall meet all applicable requirements of this document.

The following symbols I_{m1} and I_{nc1} are used for testing on one pole only.

5.4.3.2 Rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1})

The conditions for the rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1}) in 5.2.4 and 5.2.5 are those specified in 9.11.2.3 and in 9.11.2.4.

The associated power factors for the minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1}) given in 5.3.4 and 5.3.5 are specified in Table 17.

5.4.3.3 Rated conditional short-circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1})

The conditions for the rated conditional short-circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1}) in 5.3.6 are those specified in 9.11.2.5.

The associated power factors are specified in Table 17.

6 Marking and other product information

6.1 Marking

Each POP shall be marked according to Table 3 in a durable manner.

Table 3 – Marking and position of marking

	Marking or information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a leaflet
a	the manufacturer's name or trade mark	X		
b	type designation, catalogue number or serial number	X		
c	rated voltage(s) with the symbol $\sim$ (IEC 60417-5032:2002-10)	X		
d	rated frequency; POPs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly		X	
e	for devices classified according to 4.1.1 and 4.1.4, rated current	X		
f	for devices classified according to 4.1.1 and 4.1.4, rated making and breaking capacity		X	
g	the position of use, if necessary			X
h	the degree of protection (only if different from IP20)			X
i	assembling method and wiring diagram			X
j	POP or standard reference	X		
k	the type designation and catalogue number of the main protective device with which the POP is intended to be associated			X
l	instructions for checking operation after assembly to verify the mechanical operation of the main protective device in the case of devices according to classification 4.1.2 and 4.1.3			X

The suitability for isolation, which is provided by all POPs in accordance with this document, may be indicated by the symbol $\rightarrow$ (IEC 60417-6169-1:2012-08) on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions.

NOTE In Australia, this marking is mandatory but is not required to be visible after installation.

When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), its combination with symbols of other functions is not allowed.

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), this shall be specified in the manufacturer's literature.

For POPs other than those operated by means of a push-button, the open position shall be indicated by the symbol $\bigcirc$ (IEC 60417-5008:2002-10) and the closed position by the symbol $\mid$ (a short straight line, IEC 60417-5007:2002-10). Additional national symbols are allowed for this indication. Provisionally, the use of national indications only is allowed. These indications shall be readily visible when the POP is installed.

For POPs operated by means of two push-buttons, the push-button designed for the opening operation only shall be red and/or be marked with the symbol $\bigcirc$ (IEC 60417-5008:2002-10).

The colour red shall not be used for any other push-button of the POP.

Alternatively, a 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 of indicating the position of the contacts shall be provided.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by placing the words "line" and "load" near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

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

Terminals intended for a protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol  (IEC 60417-5019:2006-08).

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

The terminal shall be suitable for conductors that are rigid (solid or stranded) and, unless otherwise specified by the manufacturer, also flexible.

For universal terminals (for rigid-solid, rigid-stranded and flexible conductors):

- no marking.

For non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors only shall be marked by the letters "s" or "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) only conductors shall be marked by the letter "r";

The markings should appear on the POP or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

For devices according to 4.1.2 and 4.1.3, the marking required in Clause 6 of the following documents shall be indicated, as applicable: IEC 60898-1:2015, or IEC 60898-2:2016, or IEC 61008-1:2010 and IEC 61008-1:2010/AMD1:2012, or IEC 61009-1:2010 and IEC 61009-1:2010/AMD1:2012.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3, according to the testing procedure given in 9.1.1.

6.2 Additional marking for POPs according to 4.1.4

6.2.1 Marking of POPs

POPs shall be marked with the following information:

- maximum rated current and characteristics of the protective devices suitable for overcurrent protection (e.g. circuit-breakers type C32 A max.), declared by the manufacturer;
- rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1});
- rated conditional short-circuit current (I_{nc});
- rated conditional short-circuit current on one pole (I_{nc1}).

This information may be marked on the side or on the back of the POP and needs to be visible only before the device is installed.

It is recommended that the references (type designation, catalogue number or serial number) of the main protective device with which the POP can be connected in series be marked on the device or in the instruction sheet.

The manufacturer shall state the Joule integral I^2t and the peak current I_{pk} withstand capabilities of the POP. Where these are not stated, minimum values are as given in Table 16.

For POPs intended to be wired with several protective devices, the highest values of I^2t and I_{pk} of the protective devices declared by the manufacturer are applied.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.3 of this document.

6.2.2 Instructions for wiring and operation

The manufacturer shall provide adequate instructions with the POP.

These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings, etc. of the declared protective device(s) with which the POP is designed to be wired;
- derating factor(s), if any.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

A POP complying with this document shall be capable of operating under the following standard conditions shown in Table 4.

Table 4 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ^f
Ambient temperature ^{a g}	–5 °C to +40 °C ^b	20 °C	±5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value 40 °C	50 % ^c		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	^d
Position	As stated by the manufacturer, with a tolerance of 2° in any direction ^e	As stated by the manufacturer	2° in any direction
Frequency	Reference value ±5 % ^f	Rated value	±2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
^a The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. ^b Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. ^c Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C). ^d When a POP is installed in the proximity of a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. ^e The device shall be fixed without causing deformation liable to impair its functions. ^f The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test. ^g Extreme limits of –20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation, and should be taken into account in the design of the device.			

In the case of a POP unit integrated or assembled by the manufacturer (see 4.1.1) or designed to be assembled on site (see 4.1.2 and 4.1.3) with one or several declared main protective devices whose standard conditions for operation in service and for installation are more severe than those mentioned in Table 4, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply.

7.2 Conditions of installation

A POP shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

POPs complying with this document are intended for environments with pollution degree 2, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation can be expected.

8 Requirements for construction and operation

8.1 General

The POP unit shall not reduce the main operating characteristics of the declared main protective device. The POP unit according to 4.1.2 or 4.1.3 and the protective device to which it is coupled shall be from the same manufacturer or be affixed with the same trade mark.

As a consequence, the manufacturer shall declare both the protective device with which the POP unit can be associated, and the POP unit suitable for use with the protective device.

A POP shall not be designed in such a way that the POP unit provides an overcurrent or residual current within the installation with the purpose of tripping another device.

A POP unit shall be connected either to the MPD's input terminals only or to its output terminals only, but not to both.

A POP shall be so designed and constructed that, in normal use, its performance is safe, reliable and without danger to the user or the environment.

A POP shall comply with this document in accordance with the scope and the relevant classifications.

A POP classified according to 4.1.1 shall comply with the relevant standard of the main protective device with which it is integrated or assembled by the manufacturer (IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable) and additionally to the requirements and tests given in this document.

Where tests included in this document are also included in IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, a selection of the most stringent requirements and tests among all applicable standards shall be applied only once.

A POP classified according to 4.1.2 and 4.1.3 shall comply with the requirements given in this document.

In the case of a POP unit classified according to 4.1.2 and 4.1.3 intended to be coupled on site with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable standards shall be applied.

A POP classified according to 4.1.4 shall comply with the requirements and tests given in this document (in particular, see 6.2, 9.11.2 and 9.16.2).

In the case of POPs according to 4.1.4 intended to be wired with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable protective device standards shall be applied.

The degree of protection of a POP according to 4.1.4 shall not be less than the degree of protection of the declared protective device with which it is to be wired.

Where a POP according to 4.1.4 can be wired with several declared protective devices, the highest degree of protection of all applicable standards, including that provided in this document, applies.

8.2 Mechanical design

8.2.1 General

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the POP by means of external interventions. It shall not be possible to disable or inhibit the POP function by any means.

The instructions shall state that it is not allowed to wire a circuit-breaker or an overcurrent protective device of a given rated short-circuit capacity with a POP according to 4.1.4 so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by inspection and by verifying the documentation.

8.2.2 Mechanism

This subclause applies to POPs according to 4.1.4.

The moving contacts of all poles of a multipole POP shall be mechanically coupled in such a way that all poles except the switched neutral pole, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

A switched neutral pole of a four-pole POP shall not close after and shall not open before the other pole(s).

Compliance is checked by inspection and by manual tests, using any appropriate means (indicator light, oscilloscope, etc.).

A POP shall have a trip-free mechanism.

It shall be possible to switch the POP ON and OFF by hand.

A POP shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position or in the open position, even when the operating means is released in an intermediate position.

A POP shall provide in the open position an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function.

Indication of the 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 and the colour green for the open position.

NOTE In the USA, the colours red and green are not used for contact position indication.

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

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

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.

Locking of the operating means in the closed position is permitted for particular applications.

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 contacts; 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, in which case it shall be necessary to reset the POP manually before reclosing is possible.

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 POP.

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 fixed directly to covers are allowed. If the operating means has an "up-down" movement, when the POP is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the tests of 9.11 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.3 Clearances and creepage distances

8.2.3.1 General (see Annex B)

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 5 which is based on the POP being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 5 is checked by measurement and by the tests of 9.7.6.4. 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 may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum clearances allowed in IEC 60664-1 for homogenous field conditions, in which case, after the humidity treatment described in 9.7.1, compliance as regards items 2 and 4 and with the test arrangements of 9.7.2 items b), c), and d) is checked in the following order:

- tests according to 9.7.1 to 9.7.5 as applicable;
- tests according to 9.7.6.2 are applied with test voltages given in Table 13 and with the test arrangements of 9.7.2 items b), c), and d).

If the measurement does not show any reduced clearance, the test of 9.7.6.2 is not applied.

Compliance as regards item 3 in Table 5 is checked by measurement.

NOTE All measurements required in 8.2.3 are carried out in test sequence A (see Annex A) on one sample and the tests according to 9.7 are carried out on three samples of the test sequence B (see Annex A).

Parts of printed circuit boards connected to the live parts protected against pollution by the use of a type 2 protection according to IEC 60664-3 are exempt from this verification.

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 5 – Minimum clearances and creepage distances

Description	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												
	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	2,0	4,0	4,0	1,20	2,00	4,0	4,0	0,90	2,00	4,0	4,0	0,60	2,00	4,0	4,0
2. between live parts of different polarity ^a	1,5	3,0	3,0	1,20	1,50	3,0	4,0	0,90	1,50	3,0	3,0	0,60	1,50	3,0	3,0
3. between circuits supplied from different sources, one of which is 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	230/400	120/240	230/400	120/240	230/400	230/400	120/240	230/400	230/400	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 POP															
– surface on which the POP is mounted ^b															
– screws or other means for fixing the POP ^b															
– metal covers or boxes ^b															
– other accessible metal parts ^c															
– metal frames supporting flush-type POPs															
	1,50	3,0	3,0	1,50		4,0		1,50		3,0		1,50		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.
NOTE 3	Care is taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of POPs. If the clearance and creepage distance requirements are not fulfilled with regard to all the surfaces adjacent to the POP, appropriate information will be provided for installation purposes.
NOTE 4	Information on the requirements for the design of solid insulation and appropriate testing is provided in 5.3 and 6.1.3 of IEC 60664-1:2007.
NOTE 5	For clearances on printed wiring material, the following footnote 3 from Table F.2 of IEC 60664-1:2007 can be used: "For printed wiring material, the values for pollution degree 1 apply except that the value shall not be less than 0,04 mm, as specified in Table F.4." For creepage distances on printed wiring material, distances in Table F.4 of IEC 60664-1:2007 can be used if protected with a coating meeting IEC 60664-3 requirements and tests.
NOTE 6	The dimensioning of clearances and creepage distances for spacings equal to or less than 2 mm for printed wiring board can be optimised under certain conditions in case of use of IEC 60664-5. Only humidity levels HL 2 and HL 3 are considered.
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 POP is mounted are not dependent on the design of the POP only, so that they can be reduced when the POP 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 3).
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 IIb (100 V ≤ CTI < 175 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.

8.2.3.2 Clearances and creepage distances for electronic circuits connected between live parts or between live parts and the earth

For electronic circuits connected

- between live parts; or
- between live parts and the earth circuit when the contacts are in the closed position,

the verification of the clearances and creepage distances is replaced by the tests of 9.19 and 9.20.1.

This is not applicable to terminals for external conductors.

8.2.4 Screws, current-carrying parts and connections

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

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

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

Compliance is checked by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

NOTE 2 Screwed connections are considered as being checked by the tests of 9.8, 9.11, 9.12, and 9.17.

8.2.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the POP 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.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example, through the guiding of 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.

8.2.4.3 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 with respect to the stability of the dimensions.

8.2.4.4 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.

Examples of suitable materials are as follows:

- 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.

The requirements of 8.2.4.4 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.

8.2.5 Terminals for external conductors

8.2.5.1 For terminals not carrying any load current, no significant current flow is expected in normal service. Therefore, the line in Table 6 corresponding to a rated current of 13 A shall be applied for the test of 9.5.

Subclauses 8.2.5.2 and 8.2.5.3 apply except:

- for screwless-type terminals for external copper conductors, IEC 62873-3-1 shall apply;
- for flat quick-connect terminations, IEC 62873-3-2 shall apply;
- for screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors, IEC 62873-3-3 shall apply.

When applying IEC 62873 standards, the term RCD shall be replaced by POP and reference to 8.1 in IEC 62873 (all parts) shall be replaced by 8.2. Reference to 8.1.5.n in IEC 62873 (all parts) shall be replaced by 8.2.5 n+1.

8.2.5.2 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.

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

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.3 Terminals shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 6.

NOTE Examples of possible designs of terminals are given in Annex E.

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

Table 6 – 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) 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	10 to 25	4 to 10
50	80		10 to 16

NOTE For AWG cross-sections, see Table F.1, Annex F.

^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 For a range of POPs having the same fundamental 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, either solid or stranded, as applicable.

8.2.5.4 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.

8.2.5.5 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 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.

8.2.5.6 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 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.7 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 9.5.2 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.8 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 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.9 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 9.5.3 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.10 Terminals shall be so fixed or located that when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not become loose.

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

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;
- 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 document.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.11 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals, examples of which are shown in Annex E 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, may be necessary.

8.2.5.12 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 (see Figure 1 and Figure 2).

8.3 Protection against electric shock

POPs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that POPs be installed according to the manufacturer's instructions.

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

For POPs, external parts other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when POPs are mounted and wired as in normal conditions of 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 POPs. 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.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their conductive parts, which would otherwise be "exposed conductive parts", shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated operating means of several poles.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this 8.3.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.4 Dielectric properties and isolating capability

A POP shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

Control circuits connected to the main circuit shall not be damaged by high DC voltage due to insulation measurements which are normally carried out after POPs are installed.

Compliance is checked by the tests of 9.7 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.5 Temperature-rise

8.5.1 Temperature-rise limits

The temperature-rises of the parts of a POP specified in Table 7, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 7.

The POP shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 7 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections	65
External parts liable to be touched during manual operation of the POP, 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 POP in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contacts, since the design of most POPs is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacement of parts likely to affect the reproducibility of the tests.	
^b No value is specified for parts other than those listed in Table 7, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the POP shall not be impaired.	

In case a POP is connected (see 4.1.4) with one or several associated declared protective devices whose standard conditions for temperature-rise are more severe than those mentioned in Table 7, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply (IEC 60269 (all parts), IEC 60898-1, IEC 60898-2 and IEC 61009-1).

In case a POP unit is integrated or assembled by the manufacturer (see 4.1.1) or assembled on site (see 4.1.2 and 4.1.3) with one or several declared main protective devices whose standard conditions for temperature-rise are more severe than those mentioned in Table 7, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply (IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1 and IEC 62423).

8.5.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 7 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 4.

8.6 Operating characteristics

8.6.1 Operating characteristics of the MPD part

An MPD with the POP unit integrated or assembled by the manufacturer (classified according to 4.1.1) shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the main protective device.

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests of the specified relevant standard, according to 9.1.1.

An MPD assembled with a POP unit (classified according to 4.1.2 and 4.1.3) shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the main protective device.

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests provided in the specified relevant standard, according to 9.1.1.

8.6.2 Operating characteristics of the POP

8.6.2.1 General

The operating characteristics of the POP shall be such that they ensure adequate protection, without unwanted operation.

Compliance is checked by the test of 9.9.

8.6.2.2 Effect of the ambient air temperature on the tripping characteristics

Ambient temperatures other than the reference temperature, within the limits of -5 °C and $+40\text{ °C}$, shall not unacceptably affect the tripping characteristics of POPs.

Compliance is checked by the test of 9.9.3.

8.7 Mechanical and electrical endurance

A POP shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

Compliance is checked by the test of 9.10 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.8 Performance at short-circuit currents

A POP shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations during which there shall be no danger to the operator nor any flashover initiated between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.11 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.9 Resistance to mechanical shock and impact

A POP shall have adequate mechanical strength so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.12 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.10 Resistance to heat

A POP shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.13 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.11 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of POPs made of insulating material shall not be liable to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity, under fault or overload conditions, attain a high temperature. The resistance to abnormal heat and to fire of the other parts made of insulating material is considered as checked by the other tests of this document.

Compliance is checked by the test of 9.14 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.12 Safety performance of overstressed POPs

A POP shall be able to permanently withstand 1,1 times the phase-to-phase voltage.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.15 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.13 Behaviour of POPs in case of current surges caused by impulse voltages

POPs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitances of the installation and the current surges to earth due to flashover in the installation.

Compliance is checked by the tests of 9.16 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.14 Reliability

A POP shall operate reliably even after long service, taking into account the ageing of its components.

Compliance is checked by the tests of 9.17 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.15 Electromagnetic compatibility (EMC)

A POP shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.18 according to the testing procedure given in 9.1.1.

9 Testing procedure

9.1 General

9.1.1 General testing procedure for the different type of POPs

9.1.1.1 POPs classified according to 4.1.1

A POP classified according to 4.1.1 where the POP unit is integrated into the MPD, shall first be tested according to IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

For a POP classified according to 4.1.1 where the POP unit is assembled with the MPD, the MPD shall comply with IEC 60898-1, IEC 61008-2, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

The POP unit assembled to the MPD shall not inhibit the correct operation of the main protective device. The following verifications of the mechanism and the operating characteristics of the POP unit assembled to the MPD shall be made on the devices having the largest number of poles, and the highest I_n and lowest $I_{\Delta n}$, as applicable according to the following list:

- a) For circuit-breakers, as applicable: 8.1.2 ¹, 9.10.2.1 and 9.10.3 (only at the upper limit of instantaneous tripping current) of IEC 60898-1:2015 and/or 9.10.3 (only at the upper limit of instantaneous tripping current) of IEC 60898-2:2016;
- b) For RCCBs: 8.1.2 ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2, 9.9.2.3 a) and 9.15 of IEC 61008-1:2010, IEC 61008-1:2010/AMD1:2012 and IEC 61008-1:2010/AMD2:2013;
- c) For RCBOs: 8.1.2 ¹, 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2 (only at the upper limit of instantaneous tripping current), and 9.11 of IEC 61009-1:2010, IEC 61009-1:2010/AMD1:2012 and IEC 61009-1:2010/AMD2:2013.

Afterwards, the testing procedure given in this document shall be applied.

Where tests included in this document were also included in IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the most severe tests from among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combine the acceptance criteria of all applicable standards.

Annex A provides the test sequences in Table A.1 and the number of samples for testing the POP according to 4.1.1.

9.1.1.2 POPs classified according to 4.1.2 and 4.1.3

Where a POP is classified according to 4.1.2 and 4.1.3, the POP unit shall first be coupled as declared by the manufacturer with the declared main protective device(s) (according to the manufacturer's instructions) which complies/comply with IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

The POP unit shall not inhibit the correct operation of the main protective device. The following verifications of the operating characteristics of the POP unit assembled to the MPD shall be made on the devices having the largest number of poles, and the highest I_n and lowest $I_{\Delta n}$, as applicable according to the following list:

- a) For circuit-breakers: 8.1.2 ¹, 9.10.2.1 and 9.10.3 (only at the upper limit of instantaneous tripping current) of IEC 60898-1:2015 and/or 9.10.3 (only at the upper limit of instantaneous tripping current) of IEC 60898-2:2016;

¹ Only inspections and manual tests.

- b) For RCCBs: 8.1.2 ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2, 9.9.2.3 a), and 9.15 of IEC 61008-1:2010, IEC 61008-1:2010/AMD1:2012 and IEC 61008-1:2010/AMD2:2013;
- c) For RCBOs: 8.1.2 ¹, 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2 (only at the upper limit of instantaneous tripping current), and 9.11 of IEC 61009-1:2010, IEC 61009-1:2010/AMD1:2012 and IEC 61009-1:2010/AMD2:2013.

Afterwards, the testing procedure given in this document shall be applied.

In the case of POP units intended to be coupled on site with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests from among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combine the acceptance criteria of any applicable standard.

Annex A provides the test sequence in Table A.2 and the number of samples for testing a POP classified according to 4.1.2.

Annex A provides the test sequence in Table A.3 and the number of samples for testing a POP classified according to 4.1.3.

9.1.1.3 POPs classified according to 4.1.4

A POP classified according to 4.1.4 shall be connected in series with the declared protective device(s).

For POPs intended to be suitable for use with several different protective devices, the testing procedure is applied with the highest values of I_{2t} and I_{pk} of the protective devices declared by the manufacturer.

The declared protective device(s) shall comply with the type tests of:

- IEC 60898-1 or IEC 60898-2 for circuit-breakers,
- IEC 61009-1 or IEC 62423 for RCBOs,
- IEC 60269 series for fuses,

as applicable.

The tests given in this document shall be applied in order to show conformity to this document. Annex A provides the test sequence in Table A.4 and number of samples for testing a POP classified according to 4.1.4.

9.1.2 Characteristics of POPs are checked by means of type tests

Type tests required by this document are listed in Table 8.

Table 8 – 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	9.7
– Temperature-rise	9.8
– Operating characteristics	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10
– Behaviour under short-circuit conditions	9.11
– Resistance to mechanical shock and impact	9.12
– Resistance to heat	9.13
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.14
– Safety performance of overstressed POPs	9.15
– Behaviour in case of surges caused by impulse voltage	9.16
– Verification of ageing of electronic components	9.17
– Electromagnetic compatibility (EMC)	9.18
– Tests of creepage distances and clearances for electronic circuits (abnormal conditions)	9.19
– Requirements for capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits	9.20

9.1.3 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences

NOTE The term "certification" denotes either:

- the manufacturer's declaration of conformity; or
- third-party certification, for example by an independent certification body.

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

Unless otherwise specified, each test sequence is made on a new POP, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 4).

9.2 Test conditions

The POP is mounted individually according to the manufacturer's instructions 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.

POPs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

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

Unless otherwise specified due to the declared protective device, the POP is wired with the appropriate cable having the cross-section specified in Table 9 and is fixed on a dull black painted plywood board of not less than 20 mm; the method of fixing shall comply with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 9 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16
NOTE For AWG copper conductors, see Annex F.							

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this document. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency ± 5 %.

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

For the tests of 9.8, 9.9, 9.17 and 9.19, the POP is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is:
 - 1 m for cross-sections ≤ 10 mm²;
 - 2 m for cross-sections > 10 mm².

The tightening torques to be applied to the terminal screws are equal to two-thirds of those specified in Table 10.

For POPs with dependent manual operation, an operating speed of $0,1 \text{ m/s} \pm 25$ % shall be used during actuation for the tests of 9.10 and 9.11. The speed is measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the POP under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, with reference to the speed of the operating means (at its extremities) of the POP under test.

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 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³).

NOTE Aliphatic solvent hexane having both the main composition required by the standards and CAS No. 110-54-3 can be used.

Marking made by impressing, 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 document have been carried out.

It shall not be possible to easily 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 8.2.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the POP, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 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 10.

The screws and nuts shall be tightened in one smooth and continuous motion.

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 6, solid or stranded, whichever is the most unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 10 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	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 carried out 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 carried out.

During the test, the screwed connections shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the POP.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of terminals for external conductors

9.5.1 The terminals are fitted with copper conductors of the same type (solid, stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sections specified in Table 6.

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 25 mm², as applicable;
- tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 16 mm², as applicable.

The conductor is inserted into a new terminal for the minimum distance specified or, where no distance is specified, 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 10.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 11, according to the relevant cross-section of the tested conductor.

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 11 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted into 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.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross sections specified in Table 6, solid or stranded, whichever is the more unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 10.

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 or severed wires.

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

During the test, terminals shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the terminal.

9.5.3 The terminals are fitted with the largest cross-section area specified in Table 6, for stranded and/or flexible copper conductors.

Before insertion into 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 10.

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

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of POPs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 3, on the POP mounted as for normal use (see note of 8.3) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the POP.

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 standard 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. The standard test finger shall not touch live parts.

POPs 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 POP being at this temperature.

POPs 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 POP, 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 POPs 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.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the POP for test

Parts of the POP 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 °C and $T + 4$ °C.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE 1 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 surface in contact with the air.

NOTE 2 In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is better to ensure a constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.1.4 Condition of the POP after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this document and shall withstand the tests of 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5 and 9.7.6.2 (if applicable).

9.7.2 Insulation resistance of the main circuit

The POP having been treated as specified in 9.7.1 is then removed from the cabinet.

After an interval of between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after the application of a DC voltage of approximately 500 V, in the following order:

- a) with the POP in the open position, between each pair of the terminals which are electrically connected together when the POP is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the POP in the closed position, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- c) with the POP 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) for POPs 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 POP is mounted, covered, if necessary, with 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 POP;
- metal parts of operating means referred to in 8.3.

If the POP is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

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

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.3 Dielectric strength of the main circuit

After the POP 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 with the electronic components, if any, being disconnected for the test.

The test voltage shall have a 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 a) to c) of 9.7.2;
- 2 500 V for d) of 9.7.2.

Initially, not more than half the specified 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 voltage are neglected.

9.7.4 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

- 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.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- 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 DC, 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 12.

Table 12 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (AC or DC) 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 POPs 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 the manufacturer's instructions.

NOTE 3 Control circuits other than those of the 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 Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high DC voltages due to insulation measurements

The test is carried out on the POP fixed on a metal support, in the closed position, with all control circuits connected as in service.

A DC voltage source is used with the following characteristics:

- open voltage: $600 \text{ V }^{+25}_{0} \text{ V}$

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple: 5 %

where

$$\text{ripple (\%)} = \frac{\text{max. value} - \text{mean value}}{\text{mean value}} \times 100$$

- short-circuit current: $12 \text{ mA }^{+2}_{0} \text{ mA}$

This test voltage is applied for 1 min in turn between each pole and the other poles connected together to the frame.

After this treatment, the POP shall be capable of performing satisfactorily the tests specified in 9.9.2.

9.7.6 Verification of impulse withstand voltages and of leakage current across open contacts

9.7.6.1 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 μ s, and a time to half-value of 50 μ s, the tolerances being as follows:

- ±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 shall be at least 1 s for impulses of the same polarity and at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

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

The internal surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500 Ω .

When carrying out tests on POPs incorporating components across the parts under test (e.g. surge arresters), an impulse generator with a virtual impedance of 2 Ω shall be used.

The shape of the impulses is adjusted with the POP under test connected to the impulse generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

For POPs with incorporated surge arresters, the shape of the impulses is adjusted without connection of the POP to the impulse generator.

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.

It is recommended that an oscilloscope be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.6.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 5 does not show any reduced clearance, this test is not applied.

Where measurement of clearances within the device is not feasible, this test shall be used to replace measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 5.

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

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 13 in accordance with the rated impulse withstand voltage of the POP as given in Table 2. These values are corrected for the barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 13.

Tests are made with the POP in the closed position, by applying the impulse voltage:

- in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- 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;
- for POPs 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.

NOTE The term "frame" is defined in 9.7.2.

Where applicable, the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

Tests for a) and b) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

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.

Table 13 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ AC 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

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

NOTE This verification does not apply to POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3.

Each pole of the POP in the open position is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage.

The leakage current flowing across the open contacts is measured after the tests of 9.10 and 9.11 and shall not exceed 2 mA.

9.7.6.4 Verification of the resistance of the insulation of open contacts against an impulse voltage (suitability for isolation)

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

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 14, in accordance with the rated voltage of the installation for which the POP is intended to be used as given in Table 2. These

values are corrected for the barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 14.

Table 14 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, in reference to the rated impulse withstand voltage of the POP and the altitude at which the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude				
	$U_{1,2/50}$ AC peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 ^a	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.					

The series of tests is carried out on a POP fixed on a metal support as in normal use and with the contact in open position.

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.

9.8 Test of temperature-rise

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 distributed around the POP at about half its height and at a distance of about 1 m from the POP.

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

Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n , at rated voltage, is passed simultaneously through all the poles of the POP for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K/h.

For POPs classified according to 4.2.2, the test is first made by passing the specified current through the three phase poles only and second by passing the specified current through the pole intended for the neutral and the pole adjacent to the neutral.

During these tests the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 7.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 7 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.

9.9 Verification of the operating characteristics

9.9.1 Test circuit

A POP is installed as in normal use.

For POPs classified according to 4.1.2 and 4.1.3, the tests are carried out in a POP unit connected to a new sample of the associated main protective device compliant with its corresponding product standard.

The total harmonic distortions on the voltage supply shall not exceed a maximum of 8 % (see IEC TS 62749).

Stabilised voltage supplies and true RMS measurement techniques shall be applied.

9.9.2 Off-load characteristic tests with sinusoidal alternating voltages at the reference temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

9.9.2.1 General

A POP shall be subjected to the tests of 9.9.2.2 and 9.9.2.3. The tolerance of the voltages applied is $\pm 1\text{ }%$.

The POP shall be reclosed after each operation.

For POPs according to 4.2.2, each line-to-neutral should be tested in turn.

9.9.2.2 Verification of the correct operation in case of sudden appearance of overvoltage

The POP is supplied at the rated voltage. Once thermal steady-state conditions are attained, the supplied voltage is suddenly increased (by means of a switch, a relay, etc.) up to 255 V and maintained for 1 h.

The POP shall not trip.

Then the test circuit shall be successively calibrated at each of the values of the actuating voltage U_a specified in Table 1.

While the POP is in the closed position and supplied at rated voltage, the supplied voltage is suddenly increased without interruption to U_a .

The POP shall trip during each application of U_a .

After each operation, the voltage is reduced down to the rated voltage and the POP is switched on again.

Three measurements of the break time are made at each value of the actuating voltage.

No value shall exceed the relevant limiting value specified in Table 1.

If the POP is provided with a terminal intended to be connected to the protective conductor, this terminal shall only be wired to the neutral through a resistor of 1 Ω and the voltage drop across this resistor measured.

The current calculated from the voltage drop measured at this 1 Ω resistor shall not exceed 0,5 mA RMS

9.9.2.3 Verification of minimum non-actuating times

With the test circuit successively calibrated at each of the actuating voltages U_a specified in Table 1, and the POP in the closed position, the supplied voltage is suddenly increased without interruption, from the rated voltage up to U_a for periods corresponding to the relevant minimum non-actuating times. This test is applied three times on each sample.

Additionally, with the POP in the closed position and supplied at 255 V, the voltage is suddenly increased without interruption to 275 V for a 3 s period.

The POP shall not trip during any of the tests.

9.9.3 Test of the effect of the ambient air temperature on the operating characteristics

The tests of 9.9.2.2 and 9.9.2.3 are repeated, under the following conditions:

- a) ambient temperature: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, off-load;
- b) ambient temperature: $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ with the POP being supplied with the rated voltage and loaded with rated current, until it attains thermal steady-state conditions.

In practice, thermal steady state conditions are reached when the variation of temperature-rise does not exceed 1 K/h.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 General test conditions

The POP is fixed to a metal support.

The test is made at rated operational voltage.

9.10.2 Test procedure

POPs are subjected to several actuating cycles, each actuating cycle consisting of applying a power frequency overvoltage that operates the switching device.

After each actuating cycle, the supply voltage is reduced down to the rated value and the POP is reclosed, in less than 1 min.

The POP shall be operated as for normal use.

The actuating cycles shall be effected as follows:

- 48 actuating cycles distributed over 3 h, for an overvoltage of 315 V.

Alternatively, the time for the test and the number of actuating cycles can be reduced to:

- 30 actuating cycles distributed over 1 h for an overvoltage of 400 V.

The electrical and mechanical endurance tests are covered by compliance with the relevant product standard.

9.10.3 Additional test for POP according to 4.1.4

9.10.3.1 General test conditions

The test is made at rated operational 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.

If iron-core reactors are used, the iron power losses of these reactors shall not appreciably influence the recovery voltage.

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

The POP is connected to the circuit with conductors of the sizes indicated in Table 9.

9.10.3.2 Test procedure

POPs according to 4.1.4 are additionally subjected to 2 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The POP shall be operated as for normal use. The opening operations shall be effected as follows by using the manual operating means.

In addition, the POP is further subjected without load, using the manual operating means, to

- 2 000 operating cycles for POPs having $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 operating cycles for POPs having $I_n > 25$ A.

The operating frequency shall be:

- four operating cycles per minute for POPs of $I_n \leq 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s;
- two operating cycles per minute for POPs of $I_n > 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

9.10.4 Condition of the POP after the test

Following the tests of 9.10.2 and 9.10.3, the POP shall not show

- undue wear;
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard test finger;
- loosening of electrical or mechanical connections;
- seepage of the sealing compound, if any.

The POP shall continue operating under the test conditions of 9.9.2.2.

The POP shall then perform satisfactorily the dielectric strength test in 9.7.3 for 1 min but at a voltage of 900 V without previous humidity treatment.

9.11 Verification of the behaviour of the POP under short-circuit conditions

9.11.1 General

POPs classified according to 4.1.4 shall be tested according to 9.11.2.

POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3 are tested according to IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

Afterward, the functionality of the POP is verified by repeating the test of 9.9.2.2 and 9.9.2.3, as applicable, without measurement of the break time.

9.11.2 Short-circuit tests for POPs according to 4.1.4

9.11.2.1 General

The various tests to verify the behaviour of the POP according to 4.1.4 under short-circuit conditions are shown in Table 15.

Table 15 – Tests to be made to verify the behaviour of POPs under short-circuit conditions

Verification of	Subclause
Rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.3
One-pole making and breaking capacity I_{m1} and suitability for IT systems	9.11.2.4
Coordination at rated conditional short-circuit current I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination at rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.5 b)
Coordination at rated conditional short-circuit current for one-pole I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 General conditions for test

The conditions of 9.11.2 are applicable to any test intended to verify the behaviour of the POP under short-circuit conditions.

a) Test circuit

Figure 4, Figure 5 and Figure 6 give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning:

- POPs according to 4.2.1;
- POPs according to 4.2.2.

The supply S feeds a circuit including impedance Z, the declared protective device, as applicable, the POP under test (D), and the additional impedance Z_1 and/or Z_2 , as applicable.

The values of the resistors and reactors of the test circuit shall be adjusted to satisfy the specified test conditions.

The reactors L shall be preferably air-cored. They shall always be connected in series with the resistors R and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is possible when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor r taking approximately 0,6 % of the current through the reactor (see Figure 6). This resistor may be omitted if agreed by the manufacturer.

In each test circuit the impedance Z is inserted between the supply source S and the POP.

The declared protective device, or the equivalent impedance (see 9.11.2.3 a) and 9.11.2.4 a)), is inserted between the impedance Z and the POP.

The additional impedance Z_1 , if used, shall be inserted on the load side of the POP.

For the tests in 9.11.2.5 a) and c), the POP shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 6.

It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the POP.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report. It shall be in accordance with the relevant figure.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report.

Z_2 , suitably calibrated, is an impedance used to obtain one of the following currents:

- the rated making and breaking current on one pole I_{m1} ;
- the rated conditional short-circuit current on one pole I_{nc1} .

S_1 is an auxiliary switch.

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP as given in Table 16, tests have to be performed. The declared overcurrent protective device shall be used in the tests.

For the purpose of this test, verification of the declared overcurrent protective device (I^2t and I_p) is made prior to testing, the POP being replaced by a temporary connection having a negligible impedance.

The minimum values of let-through energy I^2t and peak current I_p , based on an electrical angle of 45°, are given in Table 16.

These values shall not exceed 1,1 times the values given in Table 16, unless agreed with the manufacturer.

Table 16 – Minimum values of I^2t and I_p

I_{nc} and I_{nc1} A		I_n A					
		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3
	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE At the request of the manufacturer, higher values of I^2t and I_p can be used.

For intermediate values of short-circuit test currents, the next higher short-circuit current shall apply.

The verification of the minimum I^2t and I_p values is not needed if the manufacturer has stated POPs values higher than the minimum ones, in which case the stated values shall be verified.

For coordination with circuit-breakers, tests with this combination are necessary.

All the conductive parts of the POP normally earthed in service, including the metal support on which the POP is mounted or any metal enclosure (see 9.11.2.2 f)), shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral point permitting a prospective fault current of at least 100 A.

This connection shall include a copper wire F of 0,1 mm diameter and not less than 50 mm in length for the detection of the fault current and, if necessary, a resistor R_2 limiting the value of the prospective fault current to about 100 A.

The voltage sensors are connected:

- across the terminals of the pole, for single-pole POPs;
- across the supply terminals, for multipole POPs.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least 100 Ω/V of the power frequency recovery voltage.

POPs are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages).

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of rated making and breaking capacity and of the correct coordination between POPs and declared protective devices shall be performed at values of influencing quantities and factors as stated by the manufacturer in accordance with Table 4, unless otherwise specified.

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- current: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$;
- frequency: see 9.2;
- power factor: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$;
- voltage: (including recovery voltage): $\pm 5 \%$.

c) 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 D.

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

The power factor shall be in accordance with Table 17.

Table 17 – Power factors for short-circuit tests

Short-circuit current (I_c) A	Power factor
$I_c \leq 500$	0,95 to 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

d) Power frequency recovery voltage

The value of the power frequency recovery voltage shall be equal to a value corresponding to 105 % of the rated voltage of the POP under test.

NOTE 1 The value of 105 % of the rated voltage is deemed to cover the effects of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit value can be increased with the approval of the manufacturer.

After each arc extinction, the power frequency recovery voltage shall be maintained for not less than 0,1 s.

e) Calibration of the test circuit

The POP and the declared protective device, if any, are replaced by temporary connections G1 having a negligible impedance compared with that of the test circuit.

For the test in 9.11.2.5 a) the load terminals of the POP being short-circuited by means of the connections G2 of negligible impedance, the impedance Z is adjusted so as to obtain, at the test voltage, a current equal to the rated conditional short-circuit current at the specified power factor; the test circuit is energized simultaneously in all poles and the current curve is recorded with the current sensor O₁.

Moreover, for the tests in 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) and c) the additional impedances Z₁ and/or Z₂ are used, as necessary, so as to obtain the required test current values (I_m , I_{m1} and I_{c1} , respectively).

f) Conditions of the POP under test

POPs shall be tested in free air according to f) 1), unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to f) 2) or, if agreed by the manufacturer, according to f) 1).

NOTE 2 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The POP shall be operated by simulating as closely as possible the normal operation.

1) Test in free air

The POP under test is mounted as shown in Figure C.1.

The polyethylene sheet and the barrier of insulating material specified in Annex C are placed as shown in Figure C.1 for opening (O) operations only.

The grid(s) specified in Annex C 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).

NOTE 3 If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, the appropriate information is provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C according to the test circuit diagrams of Figure 4 and Figure 5.

The resistor R' shall have a resistance of 1,5 Ω . The copper wire F' (see Figure C.3) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for POPs having a rated voltage of 230 V.

NOTE 4 The data for other voltages are under consideration.

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_{nc} , the distance "a" may be increased and/or additional barriers or insulating means may be fitted, as stated by the manufacturer. The distance "a", if increased, shall be chosen from the series 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc. and stated by the manufacturer.

2) Test in enclosures

The grid and the barrier of insulating material shown in Figure C.1 are omitted.

The test shall be performed with the POP placed in an enclosure having the most unfavourable configuration, under the most unfavourable conditions.

This means that if other POPs (or other devices) are normally fitted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, they should be installed there. These POPs (or other devices) are supplied as in normal use but via F' and R' as defined in f) 1) and connected as shown in Figure 4 and Figure 5, as appropriate.

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

g) Sequence of operations

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, the short-circuit being established by the switch T, with the POP and the declared protective device, if any, in the closed position;
- CO represents a closing operation of the POP, both the switch T and the SCPD, if any, being in the closed position, followed by an automatic opening (in the case of an SCPD, see 9.11.2.5) or by manual opening;
- t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be of a duration of 3 min or such longer time as may be required for resetting or renewing the SCPD, if any.

h) Behaviour of the POP during the tests

During tests, the POP shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and exposed conductive parts, no melting of the fuse F.

i) Condition of the POP after the tests

After each of the applicable tests carried out in accordance with 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) and 9.11.2.5 c), POPs shall show no damage impairing their further use and shall be capable, without maintenance, of withstanding the following tests:

- leakage current across open contacts, according to 9.7.6.3;
- dielectric strength tests according to 9.7.3 carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit test at a voltage of twice its rated voltage, for 1 min, without previous humidity treatment;
- making and breaking its rated current at its rated voltage.

During these tests, 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 and during the test carried out under the condition specified in item b) of 9.7.2, the indicating means shall show the closed position.

The POP shall be tested according to 9.9.2.2, at the maximum value of Table 1, without measurement of break time.

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

j) Interpretation of records

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 break test made with the POP under test. The applied voltage is evaluated as indicated in Figure 7.

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.

2) Determination of the prospective short-circuit current

The AC component of the prospective current is taken as being equal to the RMS value of the AC component of the calibration current (value corresponding to A_2 of Figure 7).

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

9.11.2.3 Verification of the rated making and breaking capacity (I_m)

This test is intended to verify the ability of the POP to make, to carry for a specified time, and to break short-circuit currents.

a) Test conditions

The POP is tested in a circuit according to the general test conditions specified in 9.11.2.2 without any protective device being inserted in the circuit.

The connections G1 of negligible impedance are replaced by the POP and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains opened.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed, the CO operation is performed by an actuator closing the mechanism and opening it at least 0,05 s later to ensure that current flows in the POP:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Verification of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1}) of POPs and their suitability for use in IT systems

This test is intended to verify the ability of the POP to make, to carry for a specified time, and to break short-circuit currents on one pole and to verify suitability for IT systems.

a) Test conditions

The POP shall be tested according to the general test conditions specified in 9.11.2.2, without any protective device being inserted in the circuit, but connected in such a manner that the short-circuit current flows in one pole.

For this test the impedance Z_1 is not used, the circuit being left open.

The current paths which do not carry the short-circuit current are connected to the supply voltage at their line terminals.

The connections G1 of negligible impedance are replaced by the POP and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

The test is performed on each pole in turn excluding the switched neutral pole, if any.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed. The opening is performed by an actuator operating the mechanism and opening it at least 0,05 s later to ensure that current flows in the POP.

As an alternative to performing the opening operations with an actuator, the manufacturer may provide specially prepared samples which can be opened by external electrical means which simulate automatic opening under arc fault conditions.

CO – t – CO – t – CO.

c) For the verification of the suitability in the IT system, this test is repeated on new samples:

- at a voltage of 105 % of the rated phase-to-phase voltage value for the phase poles and at a voltage of 105 % of U_0 for the pole marked N if any; and
- according to 5.3.5, with a current of 500 A or $10 I_n$, whichever is the greater.

Each pole is subjected individually to a test in a circuit the connections of which are shown in Figure 5.

The test sequence is CO – t – CO.

POPs with uninterrupted neutral are not subjected to this test.

9.11.2.5 Verification of the coordination between the POP and the declared protective device

These tests are performed according to Figure 4.

These tests are intended to verify that the POP, protected by the declared protective device, is able to withstand, without damage, short-circuit currents up to its rated conditional short-circuit current (see 5.3.6).

The short-circuit current is interrupted by the association of the POP and the declared protective device.

During the test either both the POP and the protective device or the protective device only may operate.

The protective device is renewed or reset as applicable after each operation.

The following tests (see also Table 15) are made under the general conditions of 9.11.2.2:

- a test (see 9.11.2.5 a)) to check that at the rated conditional short-circuit current I_{nc} the declared protective device protects the POP;
- a test (see 9.11.2.5 b)) to check that at short-circuit currents of a value corresponding to the rated making and breaking capacity I_m , the declared protective device operates and protects the POP;

- a test (see 9.11.2.5 c)) to check that in the case of phase-to-earth short-circuits with currents up to the value of the rated conditional short-circuit current for one phase I_{nc1} , the POP is able to withstand the corresponding stresses.

a) Verification of the coordination at the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

1) Test conditions

The connections G1 of negligible impedance are replaced by the POP and by the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains open.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO.

b) Verification of the coordination at the rated making and breaking capacity (I_m)

1) Test conditions

The connections G1 of negligible impedance are replaced by the POP and by the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains open.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

c) Verification of the coordination at rated conditional short-circuit current for one pole (I_{nc1})

1) Test conditions

The POP shall be tested according to the general test conditions specified in 9.11.2.2, but connected in such a manner that the short-circuit current flows only in one pole.

The test is performed on one pole only which shall not be the switched neutral of the POP; in case of multipole devices, the test is repeated on each pole.

The current paths which do not have to carry the residual short-circuit current are connected to the supply voltage at their supply terminals.

The connections G1 of negligible impedance are replaced by the POP and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.12.1 Mechanical shock

9.12.1.1 Test apparatus

The POP is subjected to mechanical shocks using an apparatus as shown in Figure 8. A wooden base A is fixed to a concrete block or equivalent fixing means and a wooden platform B is hinged to 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 B bears a metal stop-plate D which rests on coiled spring(s) having a total flexion constant of 25 N/mm ($\pm 20\%$).

The POP is secured to C in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from B, C being in turn fixed in such a way that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in Figure 8. The general tolerance for dimensions given in Figure 8 is ± 2 mm.

On C, opposite to the mounting surface of the POP, an additional mass is fixed so that the static force on D is 25 N (-0% , $+10\%$), in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.12.1.2 Test procedure

With the POP 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 POP is then secured to the opposite side of C, and B is again allowed to fall 50 times as before.

After this test, C is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the POP is 200 mm from the hinge.

The platform B is then allowed to fall 50 times, as before, with the POP on one side of C, and 50 times with the POP on the opposite side.

Before each change of position, the POP is manually opened and closed.

During the tests, the POP shall not open.

9.12.2 Mechanical impact

9.12.2.1 General

Compliance is checked on those exposed parts of the POP mounted as for normal use (see note in 8.3), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.12.2.2, for all types of POPs and, in addition, by the tests of:

- 9.12.2.3 for POPs intended to be mounted on a rail;
- 9.12.2.4 for plug-in type POPs.

NOTE POPs intended to be totally enclosed only are not submitted to this test.

9.12.2.2 Test for all POPs

The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown from Figure 9 to Figure 11.

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 $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ 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 $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

To determine the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,002\,5\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM specification D 785.

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 POPs are mounted on a sheet of plywood, 175 mm × 175 mm, 8 mm thick, 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 kg ± 1 kg and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type POPs are mounted in a test device, as shown in Figure 12, which is fixed to the mounting support.

Panel mounting-type POPs are mounted in a test device, as shown in Figure 13, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type POPs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the test devices according to Figure 12 or Figure 13, as applicable.

POPs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support, as shown in Figure 14.

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 POP, with its covers, if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate test device, as applicable, 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 10.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the POP 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 POP is subjected to 10 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 impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a 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 each approximately midway between the side blow 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 its axis 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.

The two blows on the operating means shall be applied: one when the operating means is in the ON position and the other when the operating means is in the OFF position.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this document. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the POP, operating means, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such a damage.

In case of doubt, it is 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 8.2.3 as well as small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

When testing POPs designed for screw fixing as well as for rail mounting, the test is made on two sets of POPs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.12.2.3 Test for POPs intended to be mounted on a rail

POPs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover plate.

A downward vertical force of 50 N is applied in one smooth and continuous motion for 1 min on the forward surface of the POP, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 14).

During this test, the POP shall not become loose and, after the test, the POP shall show no damage impairing its further use.

9.12.2.4 Tests for plug-in type POPs

NOTE Additional tests are under consideration.

9.13 Test of resistance to heat

9.13.1 Test on complete product

The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of 100 °C ± 2 °C; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of 70 °C ± 2 °C.

During the test, the samples shall not undergo any change impairing their further use, and the 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 non-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.

Afterwards, the functionality of the POP is verified by repeating the test of 9.9.2.

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 document.

9.13.2 Ball pressure test

External parts of product made of insulating material are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 15.

The part to be tested, prepared according to 9.13.2 a) below, is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position and tested in a heating cabinet. A steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The tests are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts.

External parts of product made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts, or parts of the protective circuit, are tested at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ as described in 9.13.2 b) below.

All other external parts of the product are tested at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature-rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is higher.

a) Test specimen

A test specimen is cut from the end product in such a way that a piece at least 2,5 mm thick with approximately parallel upper and lower surfaces is obtained. If necessary, the thickness may be obtained by stacking two or more sections so long as there is no noticeable movement between the surfaces prior to testing. If it is not possible to cut a test specimen with parallel surfaces, care shall be taken to support the area of the test specimen directly under the pressure ball. The test specimen shall be at least 10 mm in length and 10 mm in width or a circle with a diameter of at least 10 mm.

If it is impracticable to use a test specimen from the end product, then a plaque of identical material may be used. The dimensions of the planar sections of the test specimens shall be at least 10 mm in length and 10 mm in width, or a circle with a diameter of at least 10 mm and shall be provided in a thickness of $3,0\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$.

The test specimen shall be stored for at least 24 h in an atmosphere having a temperature between 15 °C and 35 °C and a relative humidity between 45 % and 75 %.

b) Setup and test procedure

The tolerance for the steel ball diameter shall not exceed $\pm 1\%$ to ensure comparable results.

The specimen support shall be a metal block of steel, with at least a diameter $\geq 50\text{ mm}$ and a height $\geq 100\text{ mm}$.

The test shall be conducted in air, in a heating cabinet at the specified temperature (within a tolerance of $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) measured within 50 mm of the approximate centre of the test specimen.

Before introducing the test specimen, the test apparatus and the test specimen support shall be maintained in the heating cabinet at the required test temperature for 24 h or until equilibrium conditions are reached, whichever occurs sooner. The latter condition may be verified by means of a thermocouple inserted in the test specimen support.

NOTE It has been found useful to mount a separate thermocouple in the centre of the test specimen support approximately 3 mm below the surface to check that the temperature of the test specimen support does not significantly deviate from the test temperature.

When thermal equilibrium conditions are reached, the test specimen is placed on the approximate centre of the support so that its upper surface is horizontal. The pressure ball is then gently lowered on to the approximate centre of the test specimen so as not to move other than in a downward direction.

The installation of the test specimen shall be performed in as short a time as practicable, but not exceeding 30 s. The test chamber shall return to the specified temperature ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) within 5 min and without any temperature overshoot exceeding $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

After the ball pressure apparatus has been applied for 60 min ± 2 min, the test specimen shall be removed and cooled down by immersion, within 10 s, in ambient temperature water ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) for 6 min ± 2 min.

After removal from the water, the diameter of the indentation caused by the pressure ball shall be measured.

The dimension to be considered shall be the largest distance that can be measured across the indentation from one clearly defined edge of the indentation to another.

The dimension shall exclude any upward deformation and shall not exceed 2,0 mm.

9.14 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete POP in accordance with IEC 60695-2-10 under the following conditions:

- for external parts of POPs 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 $960\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type POPs are considered as external parts.

If insulating parts within the above groups are 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 from the tested part.

The test is carried out on three samples.

Each test is made on a separate sample with a different situated point of application of the glow-wire.

The glow-wire cannot be applied directly to terminal areas or arc chamber or magnetic tripping device areas, 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 a 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 in 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 in accordance with Clause 4 of IEC 60695-2-11:2014.

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if:

- 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 pine-wood board.

9.15 Test of safety performance of overstressed POPs

The POP is supplied at the rated voltage until thermal stability is attained.

The supplied voltage is then increased to 440 V (the POP will trip), and the supplied voltage is maintained for 1 h. Afterwards the voltage is decreased to the rated voltage again. After the test, the POP shall operate correctly according to the test of 9.9.2.

If the POP, according to the manufacturer instructions, may be assembled and wired with the MPD in more than one way (e.g. to the MPDs line terminals, to the MPDs load terminals), the test shall be repeated for each configuration.

9.16 Verification of behaviour of POPs in case of current surges caused by impulse voltages

9.16.1 General

POPs classified according to 4.1.4 shall be tested according to 9.16.2.

POPs classified according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3 are tested according to IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable. There is no need for additional testing.

For POPs according to 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3, where the MPD is a circuit-breaker, the test of 9.16.2 shall be applied.

9.16.2 Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test)

9.16.2.1 Test conditions

The POP is tested using a current generator capable of delivering a damped surge current of 8/20 µs (IEC 60060-2) as shown in Figure 16. An example of circuit diagram connection of the POP is shown in Figure 17.

One pole of the POP chosen at random shall be submitted to ten applications of the surge current. The polarity of the surge current wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional POP of the same type with the same I_n , to meet the following requirements:

- peak value: $3\,000\text{ A}^{+10}_{-0}\%$;
- virtual front time: $8\text{ µs} \pm 20\%$;
- virtual time to half value: $20\text{ µs} \pm 20\%$;
- peak of reverse current: less than 30 % of peak value.

The current should be adjusted to the asymptotic current shape. For the tests on other samples of the same type with the same I_n , the reverse current, if any, should not exceed 30 % of the peak value.

9.16.2.2 Test results

During the test, the POP may trip. After any tripping, the POP shall be re-closed.

After the surge current tests, the correct operation of the POP is verified by repeating the tests of 9.9.2.

9.17 Verification of ageing of electronic components

The POP is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test, the POP in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

The functionality of the POP is verified by repeating the test of 9.9.2.

NOTE An example for the test circuit of this verification is given in Figure 18.

9.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

9.18.1 General

POPs shall be submitted to the EMC tests according to IEC 61543 and according to the additional information given in 9.18.2, 9.18.3, and 9.18.5.

9.18.2 EMC tests covered by other clauses/subclauses of the present document

The tests listed in Table 18 are already covered by another test clause/subclause of this document and need not be repeated.

Table 18 – Tests already covered in this document

Reference to Tables 4 and 5 of IEC 61543:1995/AMD1:2004 and IEC 61543:1995/AMD2:2005	Electromagnetic phenomena	Tests of present document
T 1.3	Voltage amplitude variations	9.9.2 and 9.15
T 1.4	Voltage unbalance	9.9.2.2 and 9.9.2.3
T 1.5	Power frequency variations	9.2
T 1.8	Magnetic fields	9.11
T 2.4	Current oscillatory transients	9.16

9.18.3 EMC tests to be performed

The remaining tests in Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543:1995/AMD1:2004 and IEC 61543:1995/AMD2:2005 shall be carried out according to the test listed in Annex A of this document. The test levels and performance criteria are performed according to Table 19.

Table 19 – Tests to be applied for EMC

Reference to Tables 5 and 6 of IEC 61543:1995/AMD1:2004 and IEC 61543:1995/AMD2:2005	Electromagnetic phenomena	Reference of basic standard for test description	Test level and test specification	Performance criteria
T 1.1	Harmonics, interharmonics	See IEC 61543:1995/AMD1:2004, Table 4		
T 1.2	Signalling voltage	See IEC 61543:1995/AMD1:2004, Table 4		
T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents	IEC 61000-4-6 _{e, i}	Level 2 0,15 MHz to 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Fast transients (burst) common mode	IEC 61000-4-4 _b	Level 4, 4 kV (peak) T_r/T_h 5/50 ns Repetition frequency 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Surges	IEC 61000-4-5	T_r/T_h 1,2/50 µs 5 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 4 kV / 2 Ω (peak) ^a differential mode	B, C ^{g, h}
T 2.3b			T_r/T_h 1,2/50 µs 4 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 2 kV/2 Ω (peak) ^a differential mode	B ^h
T 2.5	Radiated electromagnetic field	IEC 61000-4-3 _{e, f}	Level 2 3 V/m	A
T 2.6 ⁱ	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz	IEC 61000-4-16	Level 3 ^j 1 kHz to 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz to 15 kHz: 1 V to 10 V 15 kHz to 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2 _c	Level 3 8 kV air 6 kV contact	C ^k

- ^a Tests with lower voltages than those given in Table 19 are not required (reason: IEC 61000-4-5:2014, Clause 5 requires to carry out the tests at each voltage up to the chosen level). This test shall be carried out on the device in the closed position. Pulses shall be applied successively:
- between the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal), if any, connected together and each live conductor in turn at an impulse voltage of 5 kV, with an impedance of 12 Ω ;
 - between each phase and neutral, in turn, and between each couple of poles, in turn, at an impulse voltage of 4 kV, with an impedance of 2 Ω .
- ^b In addition, the sample shall be mounted as in normal use on a flat insulating support at a distance of 10 cm from the earth plane.
- ^c The test is carried out in single phase on one pole of each sample taken at random. Three new samples are submitted to the test. If one sample does not comply with the criterion by tripping during the test, three further samples are tested, which shall fully comply with criterion B.
- ^d void
- ^e With the agreement of the manufacturer, the conducted test T2.1 can be extended from 80 MHz to 230 MHz. In this case, the test T2.5 is to start from 230 MHz instead of 80 MHz.
- ^f Verification of non-tripping (performance criterion A) shall be done by sweeping the specified frequency range. For the verifications of tripping (performance criterion A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another, but one of them being 450 MHz and another 900 MHz.
- ^g The tests of T2.3b shall be applied only to POPs not meeting the pass criterion B during the tests of T2.3a, in which case the test is repeated at the surge voltage levels specified in T2.3b only for the configuration(s) in which tripping occurred during the tests of T2.3a.
- ^h The test shall be carried out on the device in the closed position. Each sample is tested:
- 1) first, in differential mode test: between each load current path in turn and each other load current path;
 - 2) secondly, in common mode test: between each load current path in turn and the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal) if any, all connected together.
- In each case, the sample is submitted to five positive pulses on the positive half cycles followed by five negative pulses on the negative half cycles.
- All pulses shall be applied successively at random point on wave with a repetition rate of 1 impulse/min.
- For the test T2.3a, according to the above procedure, the total of impulses is: differential mode test: 10 impulses; common mode test: 20 impulses.
- The POP is permitted to trip during the tests of T2.3 a) (pass criterion C). If the device trips during this test it shall be reclosed before the application of a subsequent impulse.
- For the test T2.3b, the total of impulses is the same as for T2.3 a) if applicable.
- ⁱ Verification of non-tripping (performance criterion A) shall be done by sweeping the specified frequency range.
- For the verifications of tripping (performance criterion A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another.
- ^j The test is made once at $1,1 U_n$ of the POP by sweeping the frequency from 1 kHz to 150 kHz at the rate according to 6.1.3 of IEC 61000-4-16:2015. The device shall not trip.
- Tripping tests are carried out on each sample at 5 different frequency values selected at random over the frequency range and different from one sample to another. The device shall trip.
- ^k Three new samples are submitted to the test. All three samples shall pass the test.
- The point to which discharges shall be applied is selected by an exploration of the accessible surfaces of the POP, when installed as for normal use. During exploration, the selection is made with twenty discharges per second.
- The selected point is tested with ten positive and ten negative polarity discharges with a time interval of minimum 1 s between subsequent discharges.
- ^l In the USA, this test is not applicable.

For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of Table 19.

9.18.4 POPs performance criteria

9.18.4.1 General

When submitting POPs to EMC, the tests of 9.18.3 and performance criteria referred to in Table 19 shall be applied.

9.18.4.2 Criterion A

During the test, making reference to this performance criterion, the POP shall remain closed when supplied at a voltage of 255 V (phase to neutral), and shall trip at a voltage of 275 V (phase to neutral) within the specified time of Table 1 under the test condition of 9.9.2.2.

9.18.4.3 Criterion B

During the test, making reference to this performance criterion, the POP shall remain closed when supplied at a voltage of 255 V (phase to neutral). After the test, compliance with 9.9.2.2, only at a voltage of 275 V (phase to neutral), shall be checked.

9.18.4.4 Criterion C

During the test, making reference to this performance criterion, the POP is supplied at a voltage of 255 V (phase to neutral), and the POP may trip. After the test, compliance with 9.9.2.2, only at a voltage of 275 V (phase to neutral), shall be checked.

9.18.5 Emission tests

Emission tests are required only for POPs containing a continuously operating oscillator.

POPs other than those containing a continuously operating oscillator do not usually generate continuous or transient disturbances except during their switching process. The frequency, the level and the consequence of such emissions are considered as part of the normal electromagnetic environment of low-voltage installations.

The emission requirements are set in Table 20.

Table 20 – Emission test conditions

Reference	Electromagnetic phenomena	Reference of basic standard for test description	Frequency range	Limits
T 10.1	Conducted disturbance at mains terminals	CISPR 32, Class B or CISPR 14-1 ^a	0,15 MHz to 0,5 MHz	66 dB (µV) to 56 dB (µV) quasi-peak 56 dB (µV) to 46 dB (µV) average
			0,5 MHz to 5 MHz	56 dB (µV) quasi-peak 46 dB (µV) average
			5 MHz to 30 MHz	60 dB (µV) quasi-peak 50 dB (µV) average
T 10.2	Radiated disturbance	CISPR 32, Class B ^b	30 MHz to 230 MHz 230 MHz to 1 000 MHz	30 dB (µV/m) at 10 m 37 dB (µV/m) at 10 m
^a CISPR 14-1 and CISPR 32 specify the same test requirements for conducted disturbances.				
^b Although IEC 61543 gives CISPR 14-1 as a reference, the scope of CISPR 32 is considered to be more appropriate to cover POPs and is referenced in the generic standard IEC 61000-6-3 as the basic standard applicable.				

9.19 Tests of creepage distances and clearances for electronic circuits (abnormal conditions)

9.19.1 General

These tests replace the verifications of creepage distances and clearances of electronic circuits connected between live parts (phases and neutral) and/or between live parts and the earth circuit.

A POP shall not create fire and/or shock hazards under abnormal conditions likely to occur in service.

The conditions under which a component is used within a POP shall be in accordance with the operating characteristics marked on the component and/or given in the data provided by the manufacturer.

9.19.2 Abnormal conditions

When POPs are exposed to abnormal conditions, no part shall reach temperatures likely to cause danger of fire to the surroundings of the POP, and no live parts shall become accessible.

Compliance is checked by subjecting the POP to a heating test under fault conditions as described in 9.19.3.

9.19.3 Test procedure

Unless otherwise specified, the tests are made on POPs connected and loaded as in normal use.

Examination of the POP and its circuit diagram will show the fault conditions that shall be applied.

Generally, one separate sample is submitted for each fault condition to be tested.

Each of the following fault conditions a) to e) shall be applied in turn, one test only being carried out for:

- a) short-circuit across clearances and creepage distances smaller than those given by curve A of Figure 19, with the following exception:

In the case of a printed board complying with the pull-off and peel strength requirements specified in the IEC 61249-2 series, the values of creepage distances and clearances between conductors (one of which may be connected to one pole of the supply mains) given in Figure 19 are replaced by the values calculated from the formula:

$$\log d = 0,78 \log (V/300) \text{ with a minimum of } 0,2 \text{ mm}$$

where

d is the distance in millimetres;

V is the peak value of the voltage in volts.

These distances can be determined by reference to Figure 20.

The above-reduced values apply to the conductors themselves, but not to mounted components or associated soldered connections. Covering lacquer or the like on printed boards are ignored when calculating the distances.

Clearances and creepage distances of printed boards complying with the requirements of Table 21, and printed boards with type B coating complying with IEC 60664-3 are excluded from this test;

- b) short-circuit across insulation consisting of lacquer or enamel coverings;

c) short-circuit or interruption of semiconductors;

for integrated circuits and other semiconductor devices with more than two terminals, the number of tests theoretically required makes it impracticable to apply the open circuiting and/or shorting of all combinations of terminals. In this case, it is permissible first to analyse in detail, by a desk study, all the possible mechanical, thermal and electrical faults which may develop in the POP due to the malfunction of the electronic device or other circuit components. Only the combinations corresponding to faults that, on the basis of this analysis, are considered to be likely to cause the non-compliance of the POP with the requirements of the two last paragraphs of 9.19.3 have to be investigated by this method;

d) short-circuit of electrolytic capacitors;

e) short-circuit or disconnection of resistors, inductors or capacitors which do not comply with the requirements of 9.20.2, 9.20.3 and 9.20.4.

The temperatures resulting from the fault conditions are measured for the parts mentioned in Table 21 after steady-state has been reached, or after 4 h (whichever is the shorter time) under each of the fault conditions a) to e).

These temperatures shall not exceed the values given in Table 21.

Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions

Parts of the POP			Permissible temperature-rise K
External parts	Metal parts	Knobs, handles, sensing surfaces, etc.	75
		Enclosure ^a	75
	Not metallic parts	Knobs, handles, sensing surfaces, etc. ^b	75
		Enclosure ^{a b}	75
Inside of enclosures of insulating material			^c
Windings ^d	Class A		115
	Class E		130
	Class B		140
	Class F		155
	Class H		175
	Class 200		195
	Class 220		215
	Class 250		245
Core laminations			As for the relevant windings
Supply cable and wiring:	Insulated with ordinary polyvinyl chloride ^e	not under mechanical stress	110
		under mechanical stress	110
	Insulated with natural rubber		110
Other insulations ^{d f} except thermoplastic	Non-impregnated paper		80
	Non-impregnated cardboard		90
	Impregnated cotton, silk, paper and textile, urea resins		100
	Laminates bonded with phenol-formaldehyde resins, phenol-formaldehyde mouldings with cellulose fillers		120
	Phenol-formaldehyde mouldings with mineral fillers		140

	Laminates bonded with epoxy resins	160
	Natural rubber	110
Thermoplastic materials ^g		^h
Terminals and parts which may come into contact with cable insulation when installed		110
The values of the temperature-rises are based on an ambient temperature of 25 °C, but the measurements are made under normal conditions.		
^a For areas not exceeding 5 cm² and which are not likely to be touched in normal use, temperature-rises up to 75 K are allowed under normal operating conditions. ^b If these temperature-rises are higher than those allowed by the class of the relevant insulating material, the nature of the material is the limiting factor. ^c The permissible temperature-rises for the inside of enclosures of insulating material are those indicated for the relevant materials. ^d For the purpose of this document, the permissible temperature-rises are based on the recommendations in IEC 60085. The materials quoted above are shown only as examples. If materials other than those listed in IEC 60085 are used, the maximum temperatures shall not exceed those which have been proved to be satisfactory. ^e The possibility of raising the values for wires and cables insulated with heat-resistant polyvinyl chloride is under consideration. ^f This table does not apply to components which comply with relevant IEC standards. ^g Natural and synthetic rubbers are not considered as being thermoplastic materials. ^h Owing to their wide variety, it is not possible to specify permissible temperature-rises for thermoplastic materials. While the matter is under consideration, the following method shall be used: a) The softening temperature of the material is determined on a separate specimen, under the conditions specified in ISO 306, modified as follows: – the depth of penetration is 0,1 mm; – the total thrust of 10 N is applied before the dial gauge is set to zero or its initial reading noted. b) The temperature limits to be considered for determining the temperature-rises are: – under normal operating conditions, a temperature 10 °C lower than the softening temperature as obtained under a); – under fault conditions, the softening temperature itself.		

9.20 Requirements for capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits

9.20.1 General

These requirements apply for capacitors (see 9.20.2), specific resistors (see 9.20.3) and inductors and windings (see 9.20.4) used in electronic circuits connected between live parts (phase and neutral) and/or between live parts and the earth circuit.

9.20.2 Capacitors

Capacitors,

- the short-circuiting or disconnection of which would cause a non-compliance according to the requirements under fault conditions with regard to shock or fire hazard, or
- the short-circuiting of which would cause a current of 0,5 A or more through the terminals of the capacitor, or
- for suppression of electromagnetic interference,

shall comply with IEC 60384-14.

Capacitors passing the damp heat steady-state test specified in 4.12 of IEC 60384-14:2013 and IEC 60384-14:2013/AMD1:2016 with a duration of not less than 21 days, are considered acceptable.

These capacitors shall be marked with their rated voltage in volts (V), their rated capacitance in microfarads (μF) and their reference temperature in degrees Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

9.20.3 Resistors

Resistors, the short-circuiting or interruption of which would cause a non-compliance according to the requirements with regard to the protection against fire and electric shock in case of a defect, shall have an adequately constant value under the overload conditions prevailing in the electronic switch.

These resistors shall comply with the requirements of 14.1 of IEC 60065:2014.

Tests already carried out on resistors and inductors complying with IEC 60065 are not required to be repeated.

9.20.4 Inductors and windings

Inductors and windings shall comply with the requirements of IEC 61558-1 and the relevant parts of the IEC 61558-2 series as applicable.

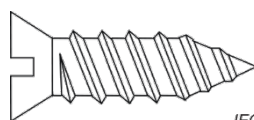
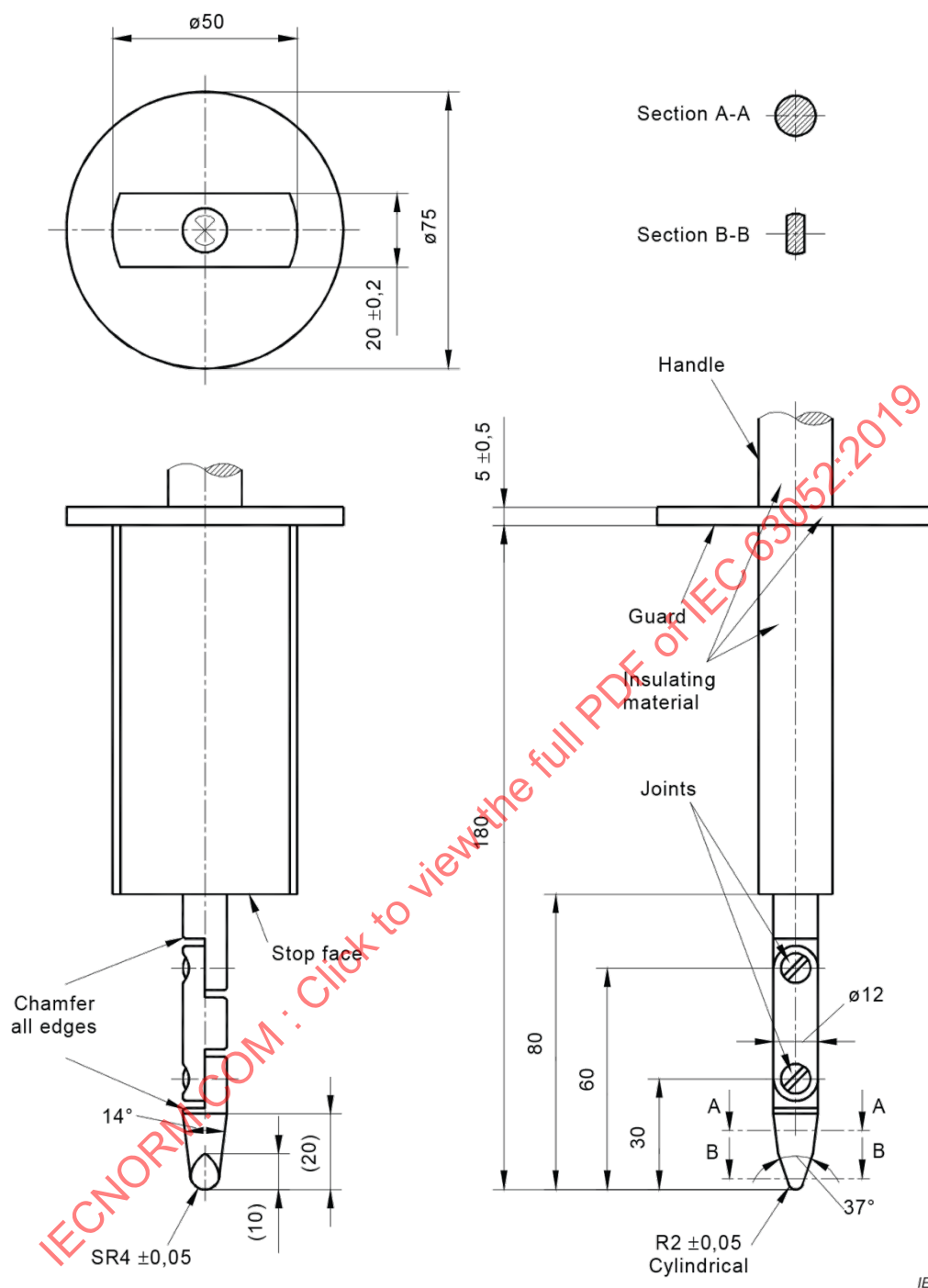


Figure 1 – Thread forming tapping screw



Figure 2 – Thread cutting tapping screw



Key

Material: metal, except where otherwise specified

Linear dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles: 0/-10'

on linear dimensions:

up to 25 mm: 0/-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 0° to +10° tolerance.

Figure 3 – Standard test finger (see 9.6)

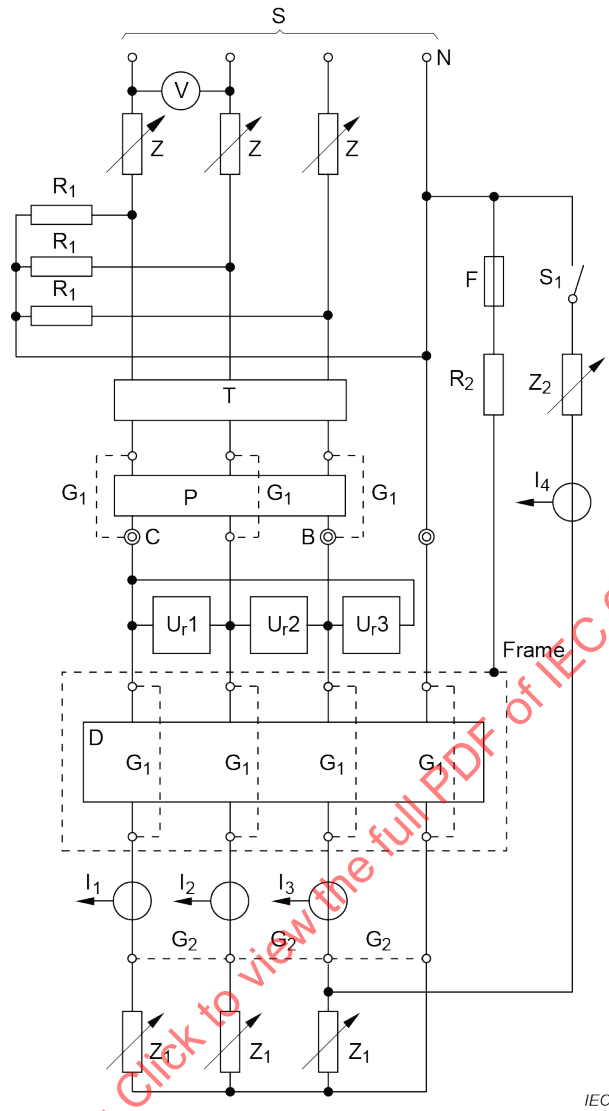
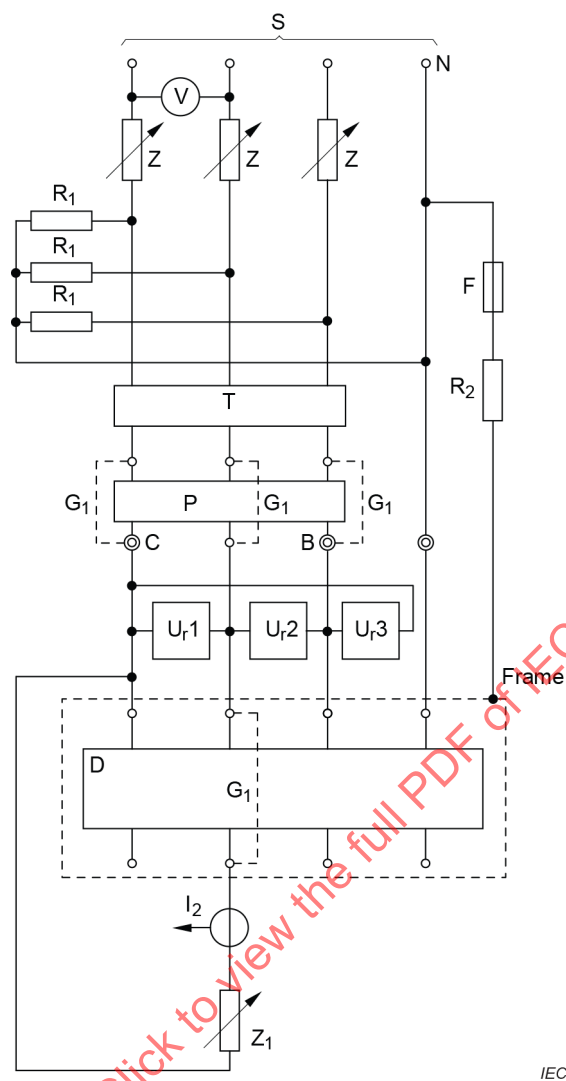
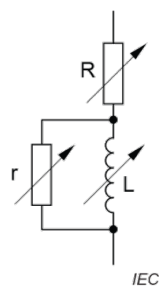


Figure 4 – Typical diagram for all short circuit tests except for the verification of the suitability in IT systems



IEC

Figure 5 – Typical diagram for the verification of the suitability in IT systems



IEC

Figure 6 – Detail of impedance Z , Z_1 and Z_2 in Figure 4 and Figure 5

Explanation of letter symbols used in Figure 4, Figure 5 and Figure 6:

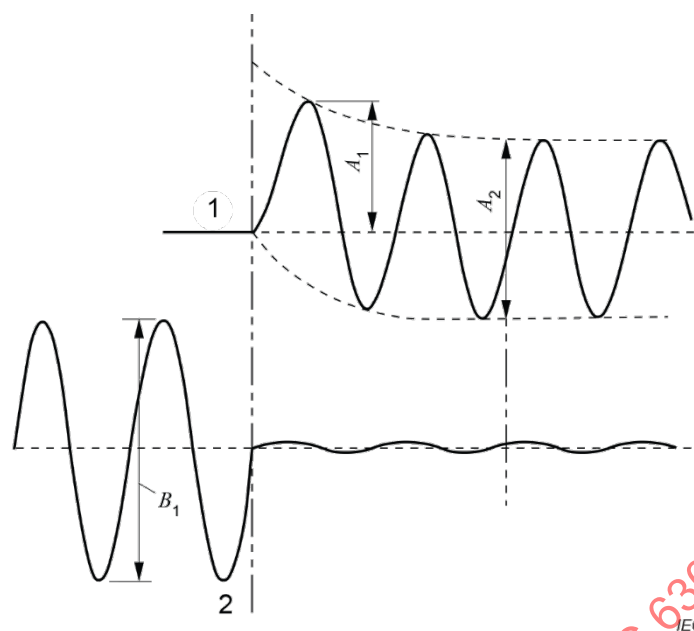
N	=	Neutral conductor
S	=	Supply
R	=	Adjustable resistor(s)
Z	=	Impedance in each phase for the calibration of the rated conditional short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.
Z_1	=	Adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current
Z_2	=	Adjustable impedance for the calibration of I_{m1} and I_{nc1}
D	=	Device under test
Frame	=	All conductive parts normally earthed in service
G1	=	Temporary connection(s) for calibration
G2	=	Connection(s) for the test with rated conditional 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	=	Device for the detection of a fault current
R_1	=	Resistance drawing a current of approximately 10 A
R_2	=	Resistor limiting the current in the device F
r	=	Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current
S_1	=	Auxiliary switch
B 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

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 Resistance R_1 can be omitted with the agreement of the manufacturer.



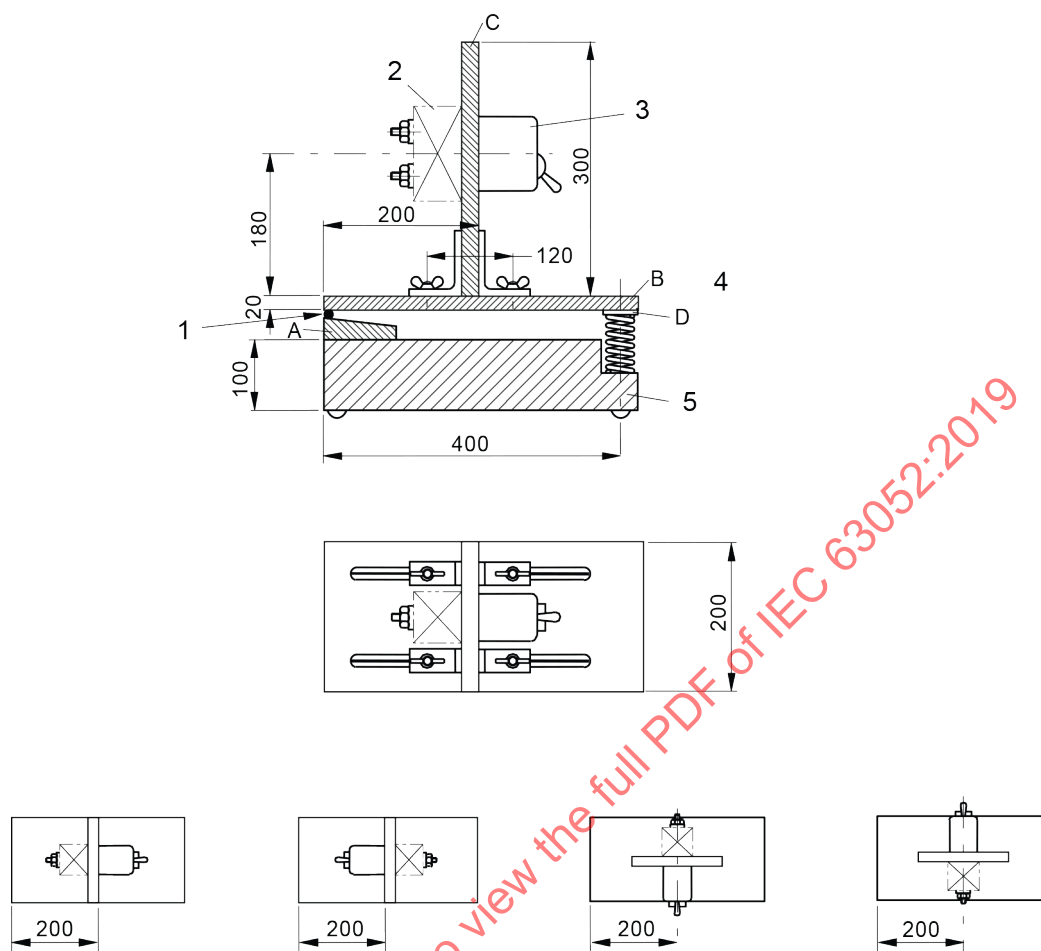
- A_1 = Prospective peak making current
 $\frac{A_2}{2\sqrt{2}}$ = Prospective symmetrical breaking current (RMS value)
 $\frac{B_1}{2\sqrt{2}}$ = Applied voltage (RMS value) (see 3.5.7)

Key

- 1 Current
 2 Voltage

Figure 7 – Example of calibration record for short-circuit test (see 9.11.2.2 j))

Dimensions in millimetres

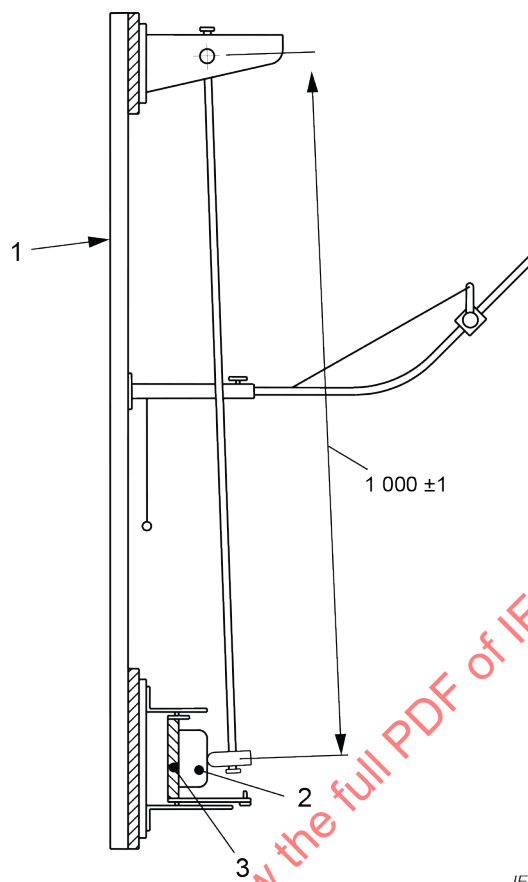


Key

- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 8 – Mechanical shock test apparatus (see 9.12.1)

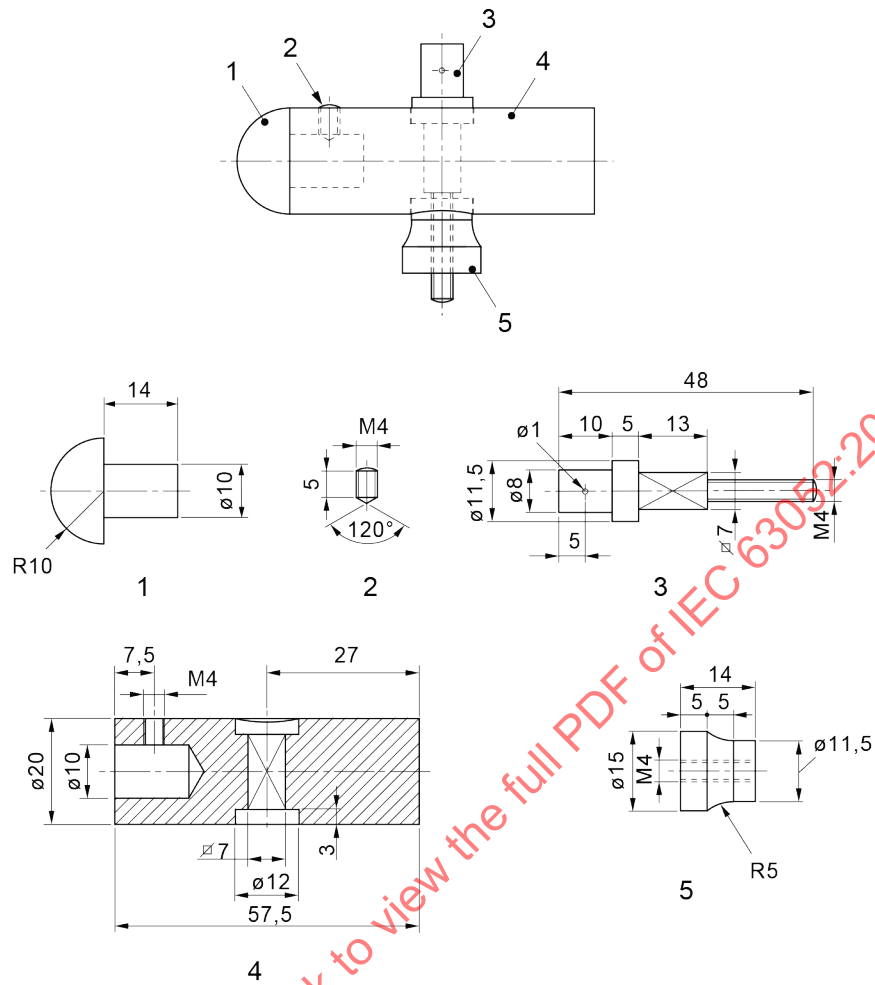
Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 9 – Mechanical impact test apparatus (see 9.12.2)

Dimensions in millimetres



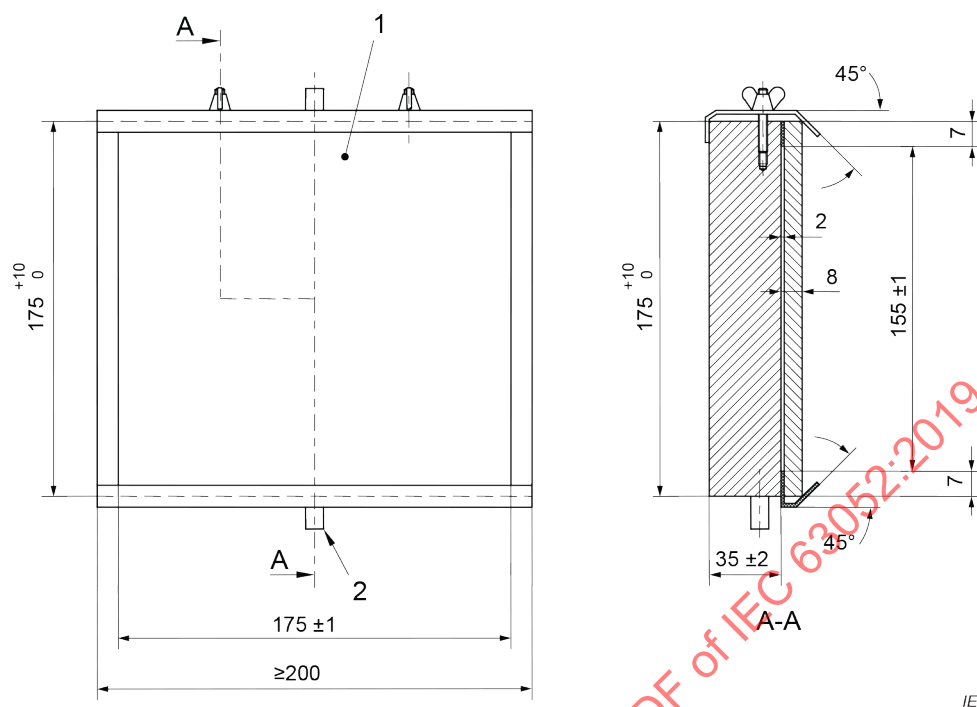
IEC

Key

- | | |
|------------|--------------|
| 1 | Polyamide |
| 2, 3, 4, 5 | Steel Fe 360 |

Figure 10 – Striking element for pendulum impact test apparatus (see 9.12.2)

Dimensions in millimetres



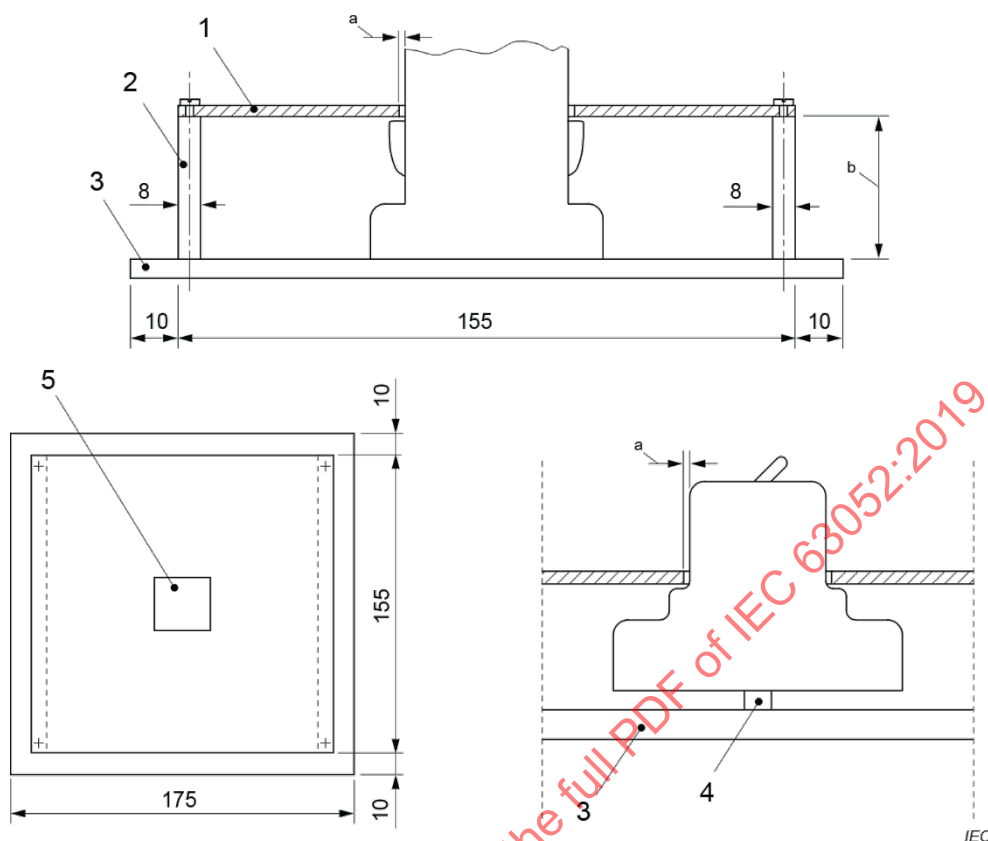
IEC

Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

Figure 11 – Mounting support for sample for mechanical impact test
(see 9.12.2)

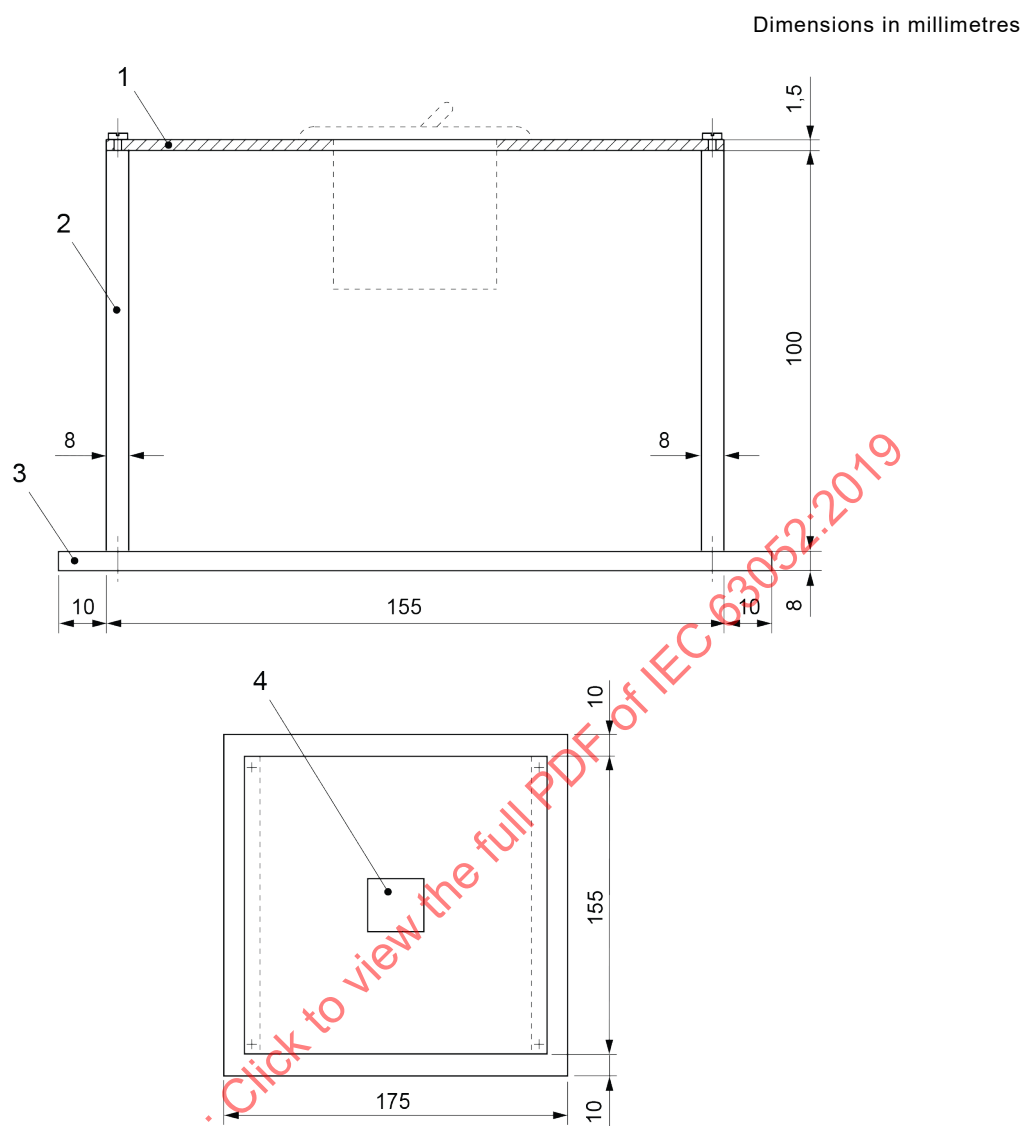
Dimensions in millimetres



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 the POP designed to be mounted on a rail
 - 5 Cut-out for the POP in the steel plate
- a* The distance between the edges of the cut-out and the faces of the POP 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 POP if the POP has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

**Figure 12 – Example of mounting of unenclosed POPs
for mechanical impact test (see 9.12.2)**



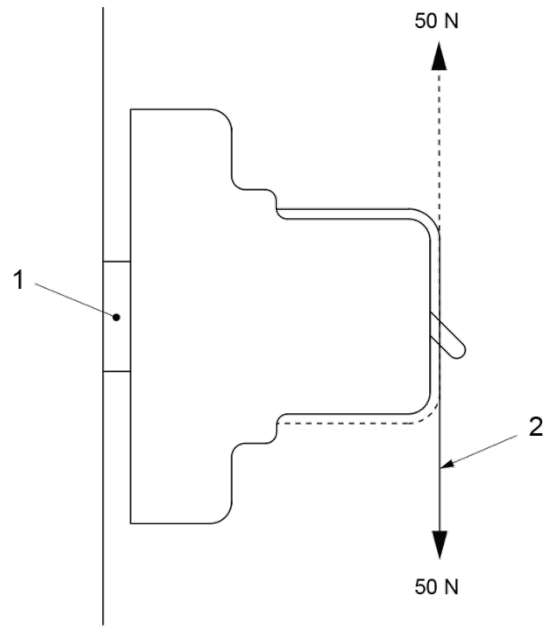
IEC

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 POP in the steel plate

In particular cases, the dimensions may be increased.

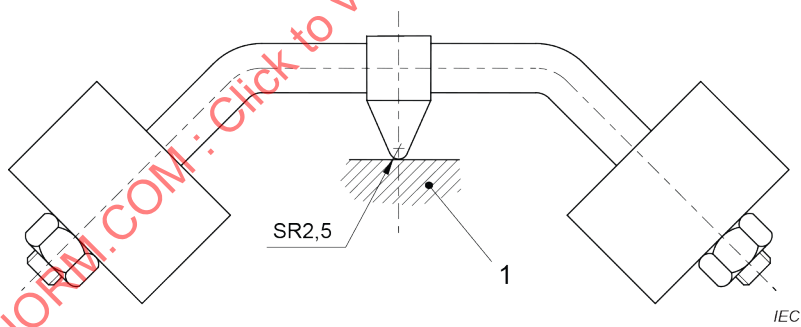
Figure 13 – Example of mounting of panel mounting type POPs for mechanical impact test (see 9.12.2)



Key

- 1 Rail
- 2 Cord

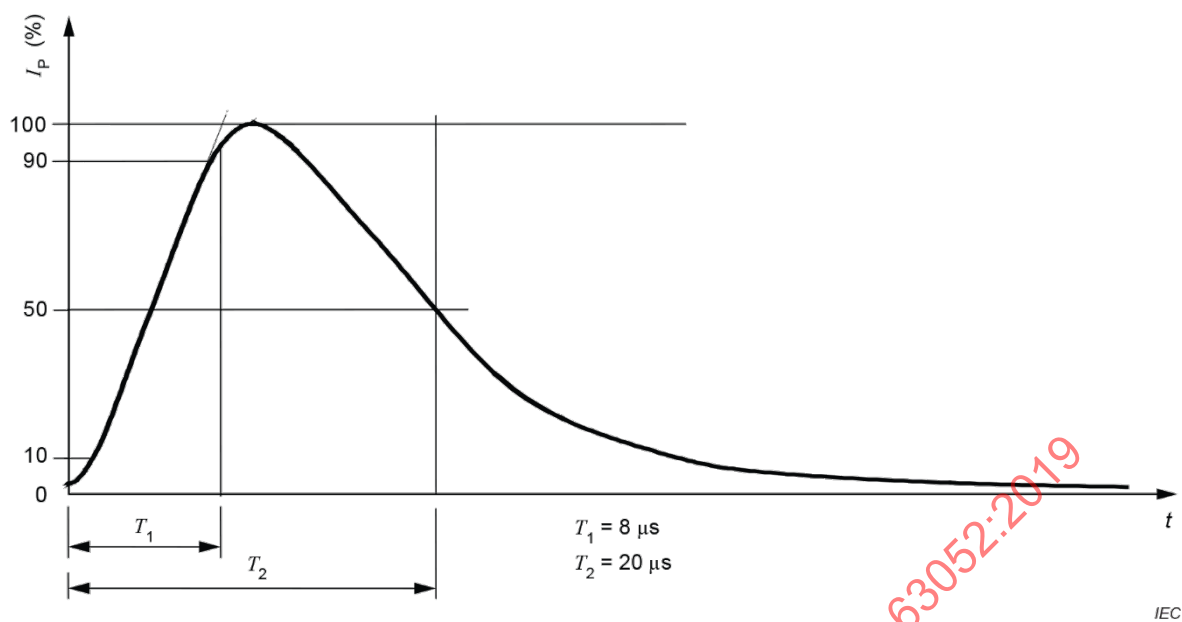
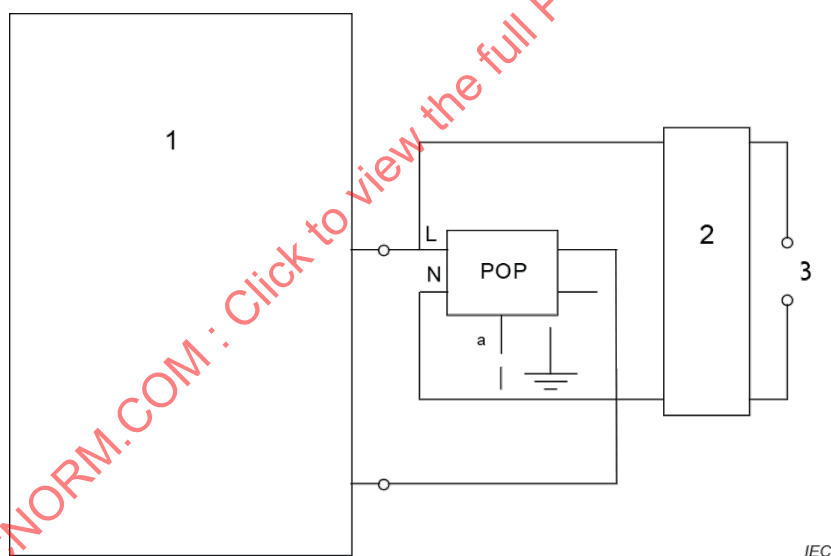
Figure 14 – Application of force for mechanical test of rail mounted POPs (see 9.12.2)



Key

- 1 Sample

Figure 15 – Ball-pressure test apparatus (see 9.13.2)

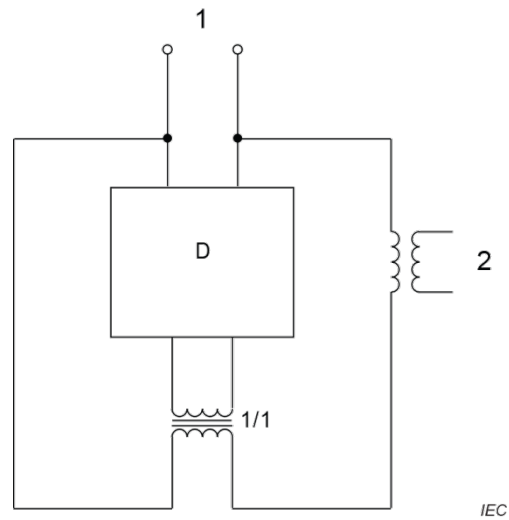
Figure 16 – Surge current impulse 8/20 μs **Key**1 Surge current generator 8/20 μs

2 Filter

3 Supply

^a If the POP has an earthing terminal, it should be connected to the neutral terminal, if any.

Figure 17 – Test circuit for the surge current test



Key

- 1 Supply at 1,1 U_n
- 2 Current supply. Extra low voltage/high current transformer
- 1/1 Transformer for rated voltage and rated current of the device

Figure 18 – Example of test circuit for verification of ageing of electronic components (see 9.17)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63052:2019

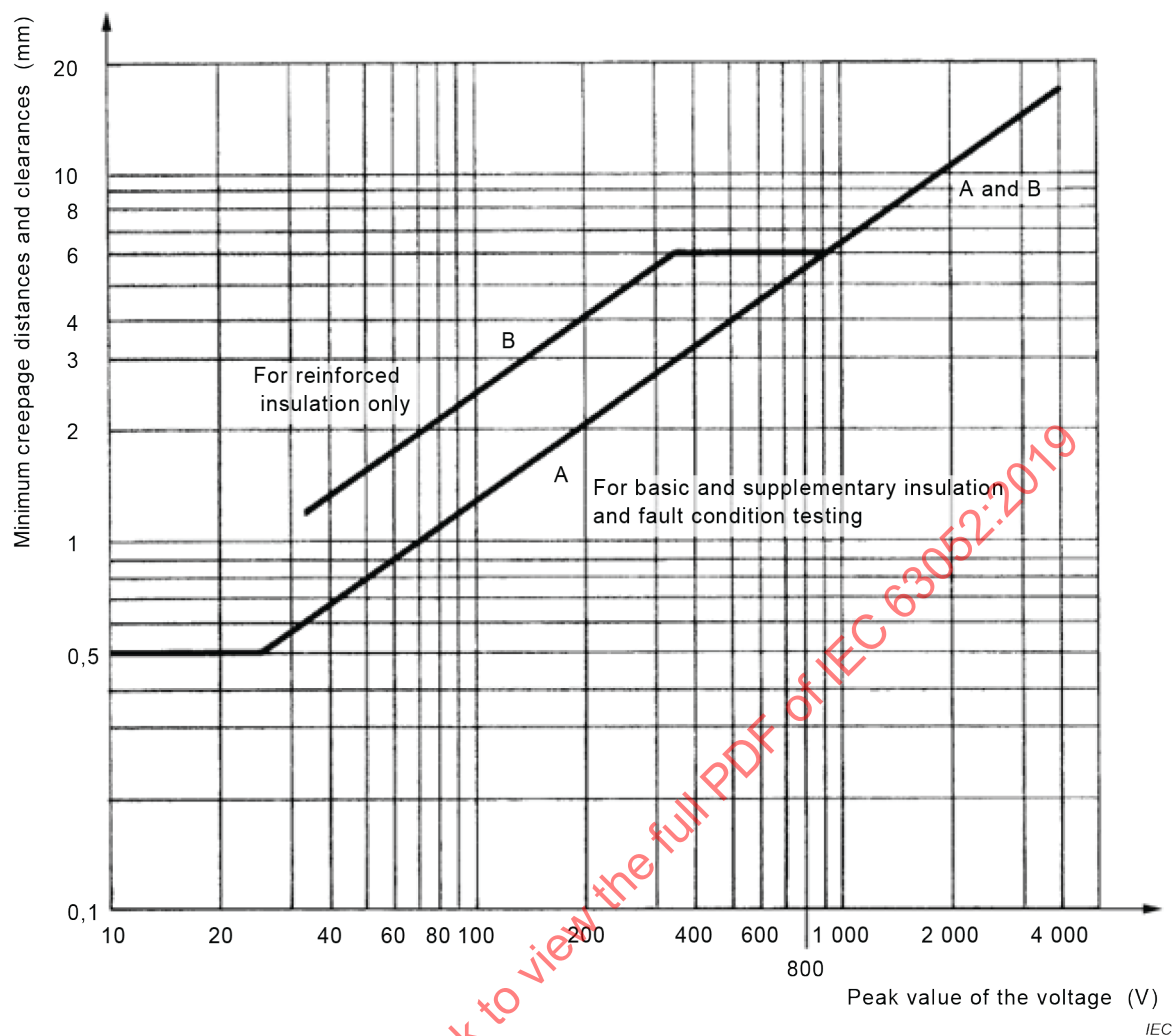


Figure 19 – Minimum creepage distances and clearances measured in millimetres

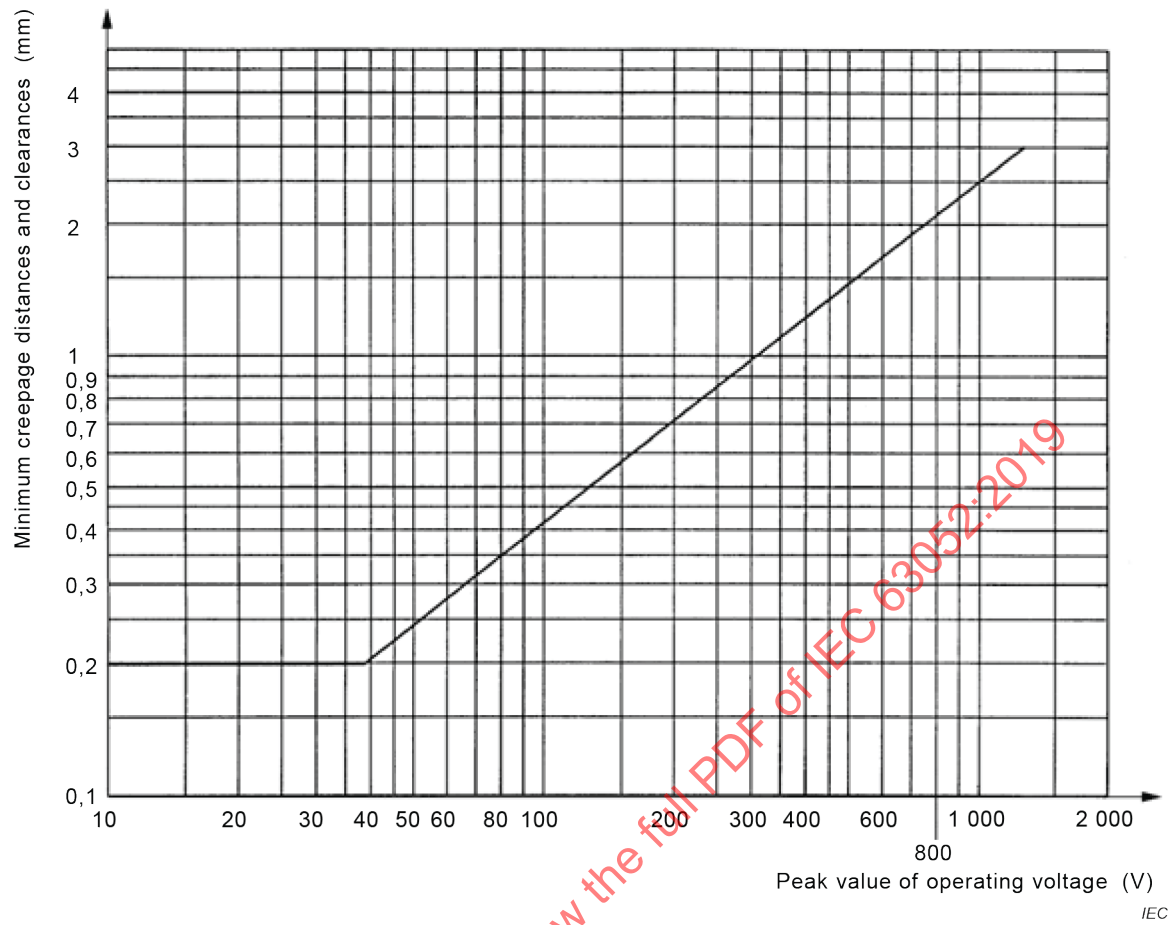


Figure 20 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage

Annex A

(normative)

Test sequences and number of samples to be submitted for certification² purposes

A.1 Test sequences

The tests are made according to the tables of this annex, where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

For devices classified according to 4.1.1, test sequences are given in Table A.1.

For devices classified according to 4.1.2 and 4.1.3, POPs shall first be coupled as declared by the manufacturer with the declared protective device(s).

Afterwards, the testing procedures given in this document shall be applied. Test sequences are given in Table A.2 and Table A.3.

In the case of POPs intended to be assembled with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines any acceptance criteria of any applicable standard.

For devices classified according to 4.1.4, test sequences are given in Table A.4.

² The term "certification" denotes either a declaration of conformity by the manufacturer, or a third-party certification, for example by an independent testing station.

Table A.1 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.1

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking ^a
		8.2.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections ^a
		9.5	Reliability of terminals for external conductors ^a
		9.6	Protection against electric shock ^a
		9.13	Resistance to heat ^a
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts only)
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire ^a
B		9.7	Test of dielectric properties ^a
		9.8	Temperature-rise
		9.17	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D ₀		9.9	Verification of the operating characteristics
		9.15	Safety performance of overstressed POPs
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
D ₁		9.11	Verification of the behaviour of the POP after tests under short-circuit conditions
G		9.19	Clearance and creepage distances for electronic circuits
		9.20	Capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits
H		IEC 61543:1995/ AMD1:2004, Table 6 – T 1.1	Harmonics, interharmonics
		IEC 61543:1995/ AMD1:2004, Table 6 – T 1.2	Signalling voltage
		9.18, Table 19 – T 2.3	Surges
I		9.18, Table 19 – T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
		9.18, Table 19 – T 2.5	Radiated electromagnetic field
		9.18, Table 19 – T 2.2	Fast transients (burst)
J		9.18, Table 19 – T 2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
		9.18, Table 19 – T 3.1	Electrostatic discharges
K		9.18, Table 20 – T 10.1	Conducted disturbance at mains terminals
		9.18, Table 20 – T 10.2	Radiated disturbance
^a For POPs classified according to 4.1.1 where the POP unit is integrated into the MPD, these tests are already covered by the tests according to the relevant standard for RCDs or circuit-breakers and need not be repeated here.			

Table A.2 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.2

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts only)
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7	Test of dielectric properties
		9.8	Temperature-rise
		9.17	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D ₀		9.9	Verification of the operating characteristics
		9.15	Safety performance of overstressed POPs
D ₁		9.11.1	Verification of the behaviour of the POP after tests under short-circuit conditions
G		9.19	Clearance and creepage distances for electronic circuits
		9.20	Capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits
H		IEC 61543:1995/AMD1: 2004, Table 6 – T 1.1	Harmonics, interharmonics
		IEC 61543:1995/AMD1: 2004, Table 6 – T 1.2	Signalling voltage
		9.18, Table 19 – T 2.3	Surges
I		9.18, Table 19 – T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
		9.18, Table 19 – T 2.5	Radiated electromagnetic field
		9.18, Table 19 – T 2.2	Fast transients (burst)
J		9.18 Table 19 – T 2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
		9.18 Table 19 – T 3.1	Electrostatic discharges
K		9.18, Table 20 – T 10.1	Conducted disturbance at mains terminals
		9.18, Table 20 – T 10.2	Radiated disturbance

Table A.3 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.3

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts only)
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7	Test of dielectric properties
		9.17	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D ₀		9.9	Verification of the operating characteristics
		9.15	Safety performance of overstressed POPs
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
G		9.19	Clearance and creepage distances for electronic circuits
		9.20	Capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits
H		IEC 61543:1995/AMD1:2004 Table 6 – T 1.1	Harmonics, interharmonics
		IEC 61543:1995/AMD1:2004 Table 6 – T 1.2	Signalling voltage
		9.18, Table 19 – T2.3	Surges
I		9.18, Table 19 – T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
		9.18, Table 19 – T 2.5	Radiated electromagnetic field
		9.18, Table 19 – T 2.2	Fast transients (burst)
J		9.18, Table 19 – T 2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
		9.18, Table 19 – T 3.1	Electrostatic discharges
K		9.18, Table 20 – T 10.1	Conducted disturbance at mains terminals
		9.18, Table 20 – T 10.2	Radiated disturbance

Table A.4 – Test sequences for POPs classified according to 4.1.4

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts only)
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7	Test of dielectric properties
		9.8	Temperature-rise
		9.17	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	9.9	Verification of the operating characteristics
		9.15	Safety performance of overstressed POPs
	D ₁	9.16	Behaviour in the case of surge currents
		9.11.2.4a), b)	Performance at I_{m1}
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
D ₂		9.11.2.4c)	Verification of the suitability in IT systems
E		9.11.2.5a)	Coordination at I_{nc}
		9.11.2.3	Performance at I_m
F		9.11.2.5b)	Coordination at I_m
		9.11.2.5c)	Coordination at I_{nc1}
G		9.19	Clearance and creepage distances for electronic circuits
		9.20	Capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits
H		IEC 61543:1995/AMD1: 2004, Table 6 – T 1.1	Harmonics, interharmonics
		IEC 61543:1995/AMD1: 2004, Table 6 – T 1.2	Signalling voltage
		9.18, Table 19 – T 2.3	Surges
I		9.18, Table 19 – T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
		9.18, Table 19 – T 2.5	Radiated electromagnetic field
		9.18, Table 19 – T 2.2	Fast transients (burst)
J		9.18, Table 19 – T 2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
		9.18, Table 19 – T 3.1	Electrostatic discharges
K		9.18, Table 20 – T 10.1	Conducted disturbance at mains terminals
		9.18, Table 20 – T 10.2	Radiated disturbance

A.2 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of POPs of one current rating is submitted for testing, the number of samples to be submitted to the different test series is that indicated in Table A.5, where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.5 pass the tests, compliance with this document is met. If only the minimum number of samples given in the third column pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

Table A.5 – Number of samples for full test procedure

Test sequence ^a	Number of samples	Minimum number of accepted samples ^b	Number of samples for repeated tests ^c
A ₁	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C	3	2	3
D ₀	3	2 ^d	3
D ₁	3	2 ^d	3
D ₂	3	3	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3
K ^e	3	2	3

^a In total, a maximum of three 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 test results have to be acceptable in accordance with the acceptance criteria.

^d All samples shall meet the requirements in 9.9.2, and 9.11.2.4, as appropriate. In addition, permanent arcing or flashover between poles or between poles and frame shall not occur in any sample during tests of 9.11.2.3, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) or 9.11.2.5 c).

^e Upon request from the manufacturer, the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

A.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of simultaneous submission of a range of POPs of the same fundamental design

A.3.1 If a range of POPs of the same fundamental design, or additions to such a range of POPs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.6.

NOTE For the purposes of Annex A, the same fundamental design comprises a series of rated current (I_n) and/or different number of poles.

POPs can be considered to be of the same fundamental design if all of the following conditions are met:

- 1) they have the same basic design;
- 2) the operating means have an identical tripping mechanism;
- 3) the materials, finish and dimensions of the internal current-carrying parts are identical other than the variations detailed in a) below;
- 4) the terminals are of similar design (see b) below);
- 5) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- 6) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;
- 7) the moulding and insulating materials are identical;
- 8) the method, materials and construction of the extinction device are identical;
- 9) the basic design of the current sensing device is identical, for a given type of characteristic other than the variations permitted in c) below;
- 10) the basic design of the test device, if any, is identical.

The following variations are permitted provided that POPs comply in all other respects to the requirements detailed above:

- a) cross-sectional area of the internal current carrying connections, and lengths of the toroid connections;
- b) size of terminals;
- c) number of turns and cross-sectional area of the windings and the size and material of the core of the current sensor, as far as applicable.

A.3.2 For POPs having the same classification according to the method of construction (4.1) and with different current rating, the number of samples to be tested may be reduced, according to Table A.6.

Table A.6 – Number of samples for simplified test procedure

Test sequence	Number of samples ^{a b}
A	1 max. rating I_n
B	3 max. rating I_n
C	3 max. rating I_n
D ₀	3 max. rating I_n
D ₁	3 max. rating I_n
D ₂	3 max. rating I_n
E	3 max. rating I_n
F	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
G	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
H	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
I	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
J	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
K	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test, all test results have to be acceptable in accordance with the acceptance criteria.	
^b Also applicable to one-pole POPs with uninterrupted neutral and to two-pole POPs with one protected pole.	
^c Only the highest number of current paths.	

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 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 for creepage distances not to be 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 into 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 to 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 6.2 of IEC 60664-1:2007 (see also Example 11 of this document).

B.5 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1:2007, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

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 the following Example 1 to Example 11. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

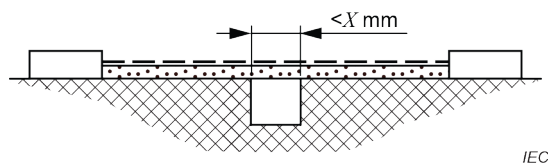
The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and is 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.

— — — Clearance  Creepage distance

Example 1

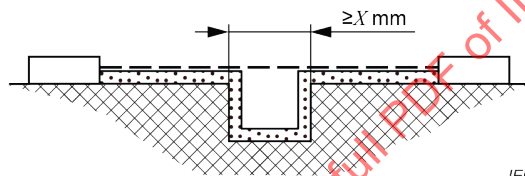


IEC

Condition: The 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

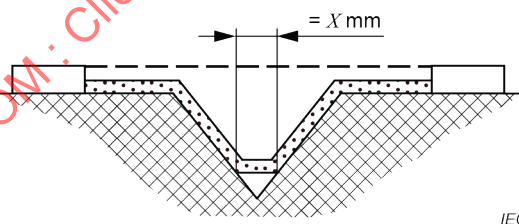


IEC

Condition: The path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. The creepage path follows the contour of the groove.

Example 3

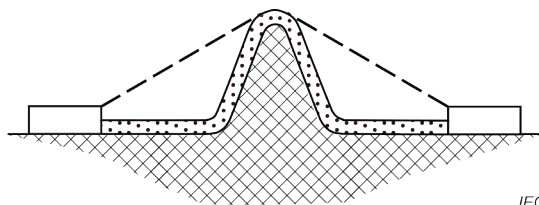


IEC

Condition: The path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. The creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by an X mm link.

Example 4

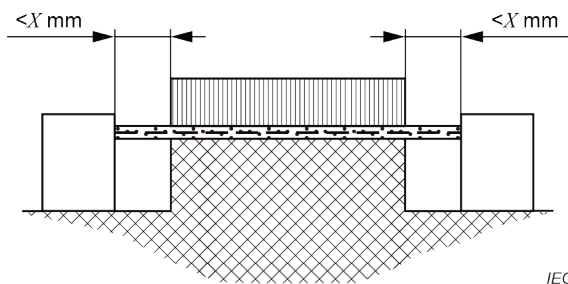


IEC

Condition: The path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. The creepage path follows the contour of the rib.

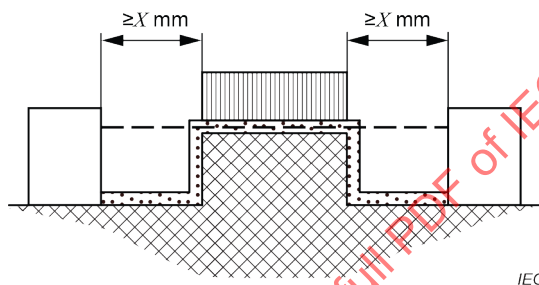
Example 5



Condition: The path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: The creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

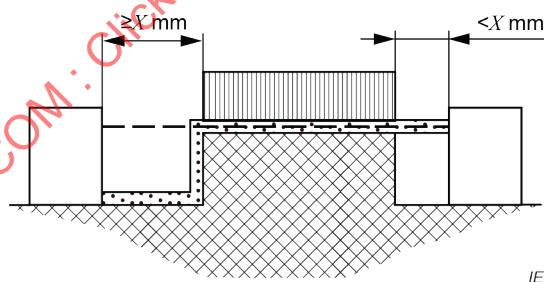
Example 6



Condition: The 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. The creepage path follows the contour of the grooves.

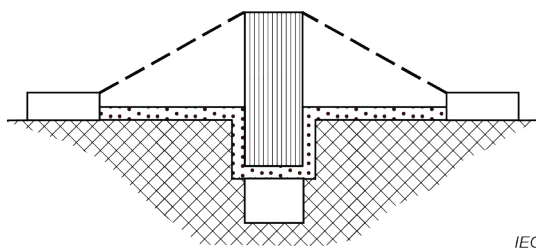
Example 7



Condition: The 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.

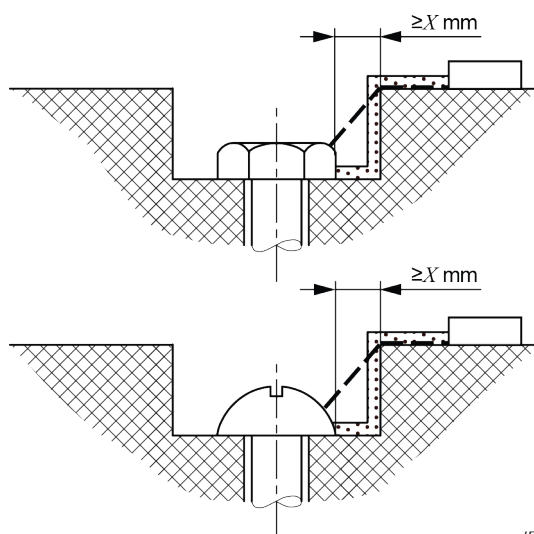
Rule: The clearance and creepage paths area as shown.

Example 8



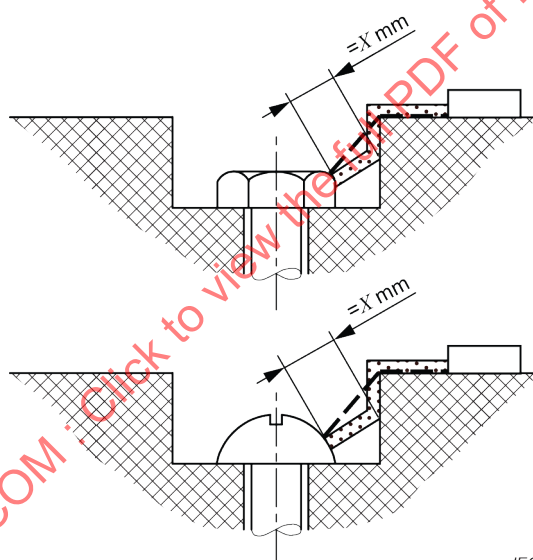
Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9

IEC

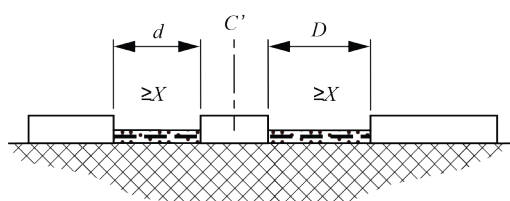
The gap between the head of the screw and the wall of the recess is wide enough to be taken into account.

Example 10

IEC

The gap between the head of the screw and the wall of the recess is too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

Example 11

IEC

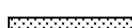
C' floating part

Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$



Clearance



Creepage distance

Annex C

(normative)

Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests

The device under test is mounted as shown in Figure C.1 which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instructions.

When required (i.e. during "O" operations), a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) 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 mm × 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 sheet should have the following physical properties:

density at 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;
melting point: 110 °C to 120 °C.

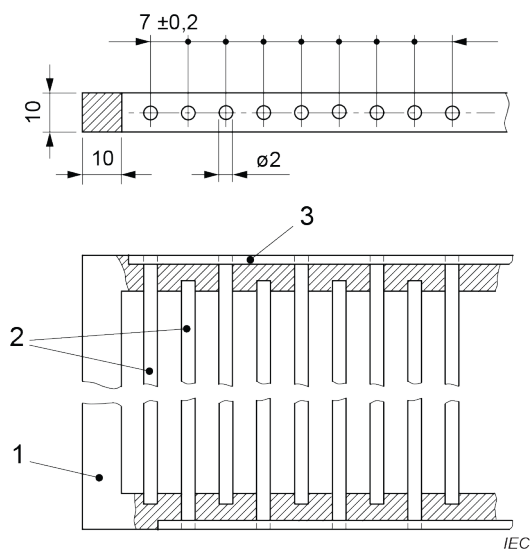
When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in Figure C.1, between the arc vent and the polyethylene foil to prevent damage of the foil due to hot particles emitted from the arc vent.

When required, (a) grid(s) according to Figure C.2, is(are) placed at a distance of "a" mm from each arc vent side of the device.

The grid circuit (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C.

The parameters for the grid circuit(s) are as follows:

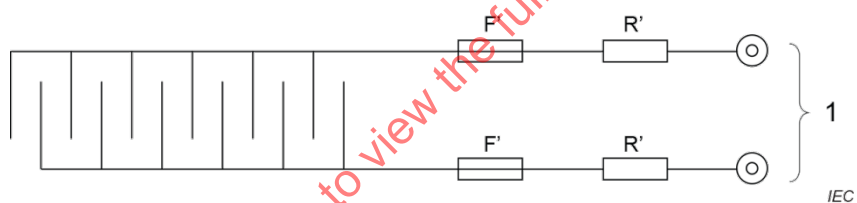
resistor R': 1,5 Ω
copper wire F': length 50 mm and diameter in accordance with 9.11.2.2 f) 1).



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure C.2 – Grid



Key

- 1 Connected to points B and C

Figure C.3 – Grid circuit

Annex D (informative)

Methods of determination of short-circuit power factor

D.1 General

There is no uniform method by which the short-circuit power factor can be determined with precision. Two examples of acceptable methods are given in Annex D.

D.2 Method I – Determination from DC components

The angle ϕ may be determined from the curve of the DC component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

The formula for the DC component is:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where

- i_d is the value of DC components at the instant t ;
- i_{do} is the value of the DC component at the instant taken as time origin;
- L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;
- t is the time, in seconds, taken from the initial instant;
- e is the base of the Neperian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- a) measure the value of i_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before the contact separation;
- b) determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- c) from a table of values of e^{-x} determines the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- d) the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

Determine the angle from:

$$\phi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

D.3 Method II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

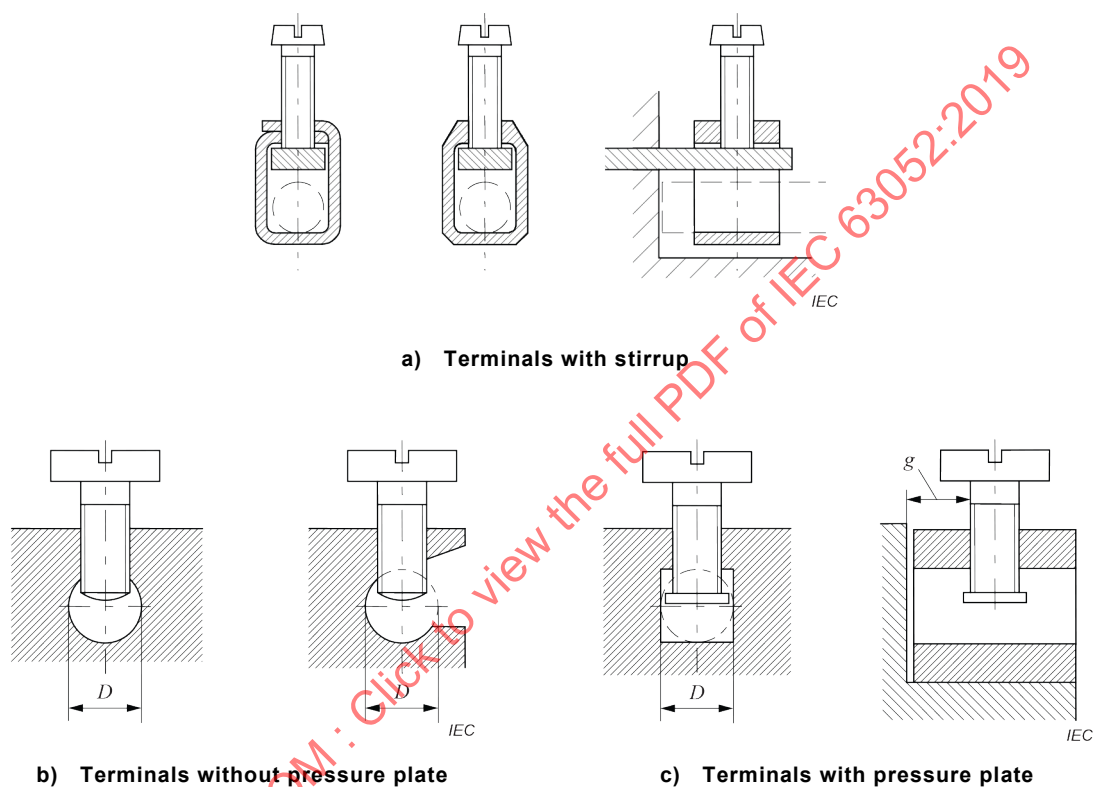
The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase angle between the voltage and current of the test generator, from which the power factor can be determined.

Annex E (informative)

Examples of terminal designs

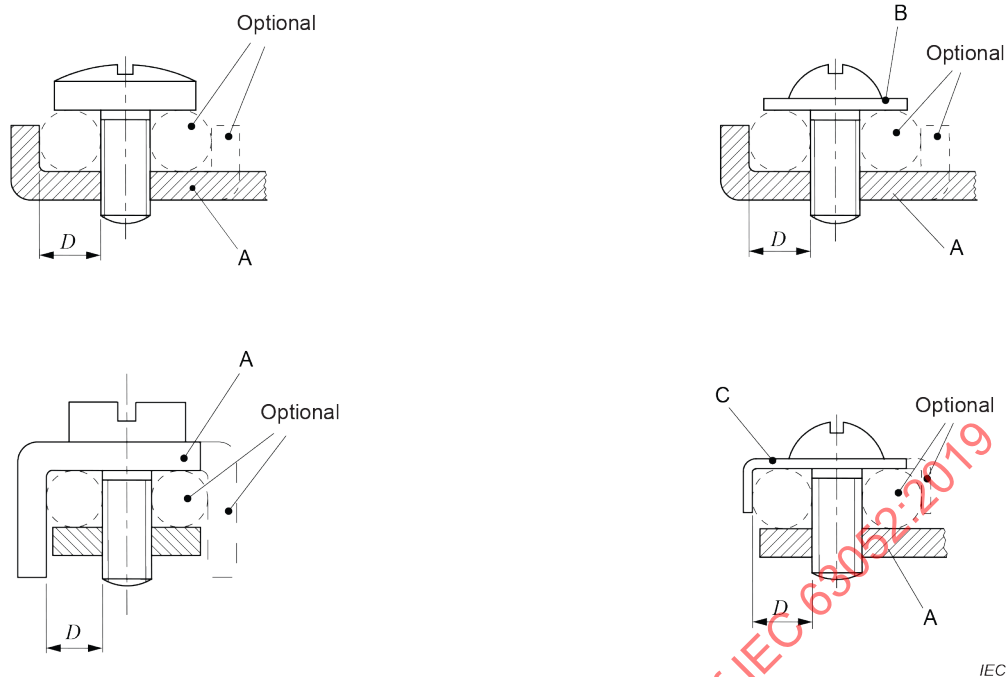
In this annex, some examples of designs of terminals are given (see Figure E.1 to Figure E.4).

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 Table 9 of 9.2).



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 E.1 – Examples of pillar terminals



a) Screw terminals

Screw not requiring washer
or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate
or anti-spread device



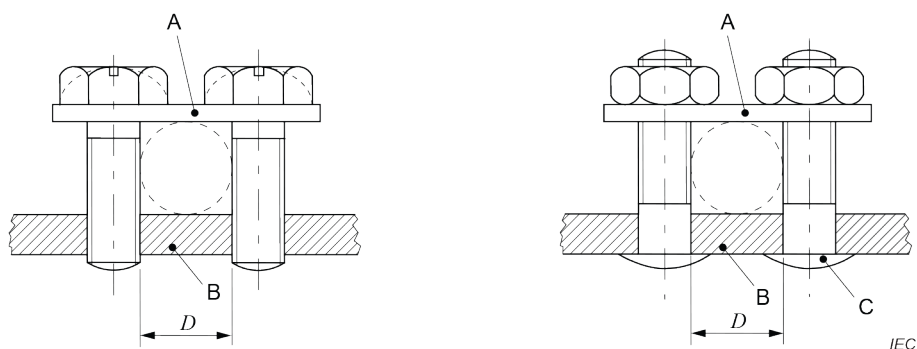
b) Stud terminals

Key

- 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 E.2 – Examples of screw terminals and stud terminals



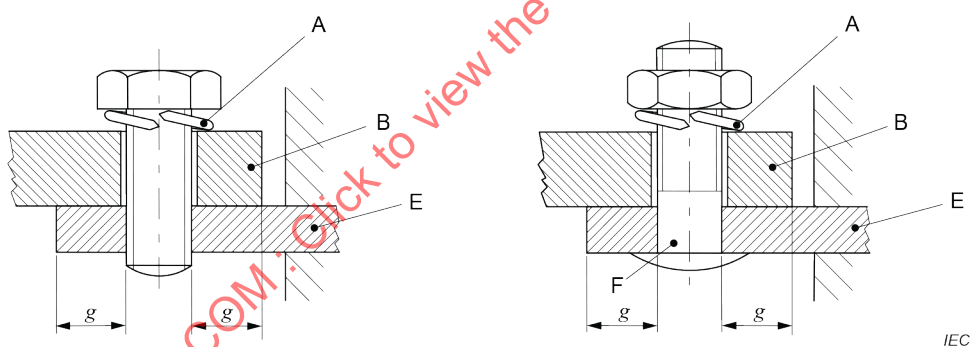
Key

- 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 E.3 – Examples of saddle terminals



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 E.4 – Examples of lug terminals

Annex F (informative)

Correspondence between ISO and AWG copper conductors

Table F.1 – ISO and AWG copper conductor correspondence

ISO size mm ²	AWG	
	Size	Cross-sectional area 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

In general, ISO sizes apply.

Upon request from the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex G (informative)

SCPDs for short-circuit tests

G.1 General

For the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP as given in Table 16 of 9.11.2.2, short-circuit tests have to be performed. The short-circuit tests shall be made by the use of the declared protective device or a silver wire using the test apparatus shown in Figure G.1 or by the use of any other means producing the required I^2t and I_p values.

G.2 Silver wires

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be a silver wire using the test apparatus shown in Figure G.1.

For silver wires with at least 99,9 % purity, Table G.1 gives an indication of the diameters according to the rated current I_n and the conditional short-circuit currents I_{nc}

**Table G.1 – Indication of silver wire diameters as a function
of rated currents and short-circuit currents**

I_{nc}	I_n A					
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
	Silver wire diameter ^a mm					
500	0,30	0,35	0,35	0,35		
1 000	0,30	0,35	0,40	0,50		
1 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,85
3 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
4 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
6 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,75
10 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70

^a The silver wire diameter values are essentially based on peak current (I_p) considerations (see Table 16).

The silver wire shall be inserted in the appropriate position of the test apparatus shown in Figure G.1, horizontally and stretched. The silver wire shall be replaced after each test.

G.3 Declared protective devices

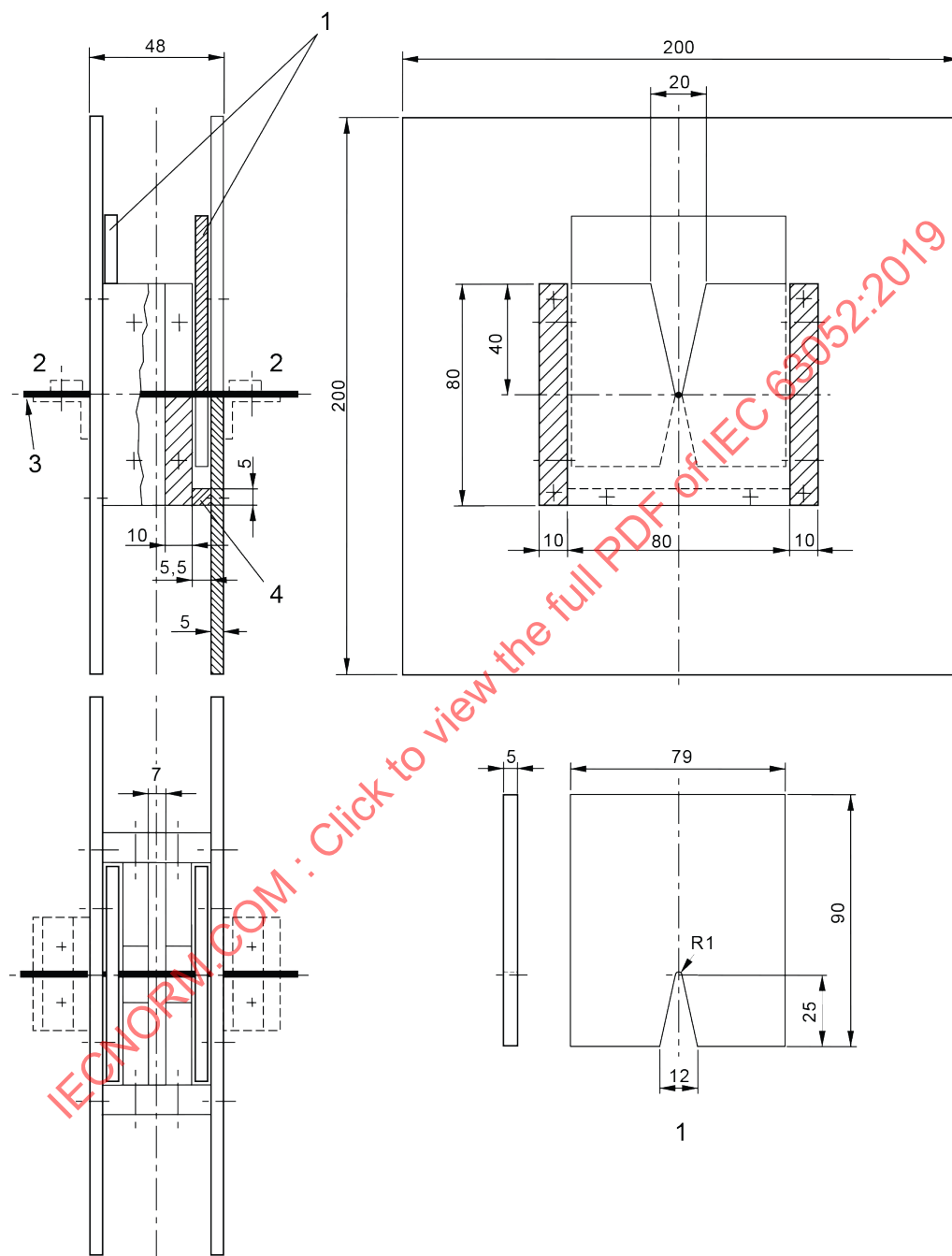
For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be the declared protective device.

The rating of the declared protective device shall not be smaller than the rating of the POP. Higher ratings of declared protective devices may be used to obtain the I^2t and I_p values of Table 16.

NOTE In case of fuses, intermediate values can be achieved by adding fuses in parallel.

G.4 Other means

Other means may be used provided that the values of Table 16 are fulfilled.



IEC

Figure G.1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the POP

Annex H (informative)

POP configurations according to classification in 4.1

Figure H.1 shows the different POP configurations according to classification in 4.1.

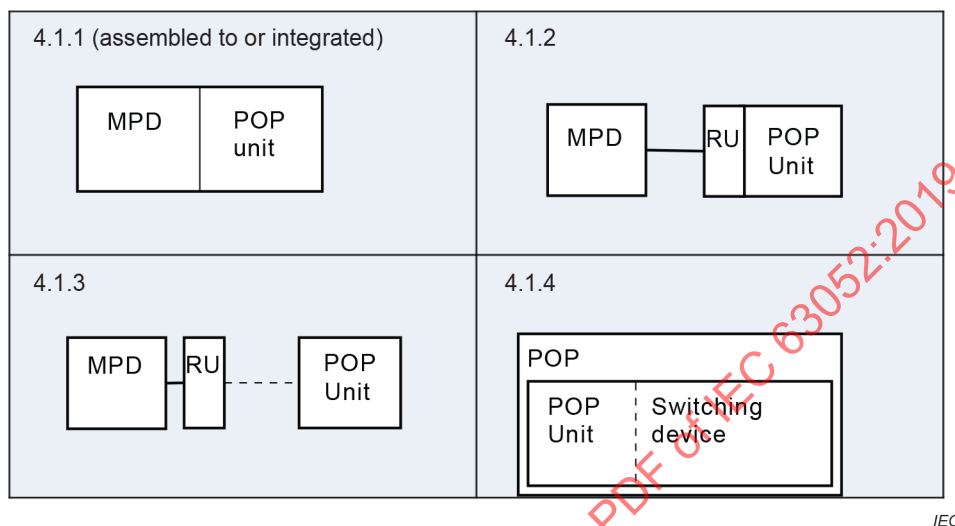


Figure H.1 – POP according to classification in 4.1

Bibliography

IEC 60050-441:2000, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

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

IEC 60068-3-4:2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

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

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

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

IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-53, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Devices for protection of safety, isolation, switching, control and monitoring*

IEC TR 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC TS 62749, *Assessment of power quality – Characteristics of electricity supplied by public networks*

ASTM D785, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

CAS No. 110-54-3, *Material safety data sheet SDS/MSDS*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	120
1 Domaine d'application	122
2 Références normatives	123
3 Termes, définitions et termes abrégés	125
3.1 Termes et définitions	125
3.2 Termes abrégés	127
4 Classification	127
4.1 D'après la méthode de construction	127
4.2 D'après le nombre de tensions phase-neutre surveillées du conducteur	128
4.3 D'après la méthode de montage	128
5 Caractéristiques des dispositifs POP	128
5.1 Récapitulatif des caractéristiques	128
5.2 Grandeurs assignées et autres caractéristiques	128
5.2.1 Tension assignée	128
5.2.2 Courant assigné (I_N)	129
5.2.3 Fréquence assignée	129
5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	129
5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	129
5.3 Valeurs normalisées et préférentielles	129
5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_N)	129
5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_N)	129
5.3.3 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	129
5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	130
5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	130
5.3.6 Valeurs normalisées et valeurs préférentielles du courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et valeurs préférentielles du courant de court-circuit conditionnel assigné pour un pôle (I_{nc1})	130
5.3.7 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse	130
5.3.8 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	131
5.4 Coordination avec des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	131
5.4.1 Généralités	131
5.4.2 Courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc}) et courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1})	131
5.4.3 Caractéristiques de fonctionnement des moyens d'ouverture des dispositifs POP selon 4.1.4	132
6 Marquage et autres informations sur le produit	132
6.1 Marquage	132
6.2 Marquage supplémentaire des dispositifs POP conformément à 4.1.4	134
6.2.1 Marquage des dispositifs POP	134
6.2.2 Instructions de câblage et de fonctionnement	135
7 Conditions normalisées de fonctionnement en service et pour l'installation	135
7.1 Conditions normalisées	135
7.2 Conditions d'installation	136

7.3	Degré de pollution.....	136
8	Exigences de construction et de fonctionnement	136
8.1	Généralités	136
8.2	Conception mécanique.....	137
8.2.1	Généralités	137
8.2.2	Mécanisme	137
8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite	138
8.2.4	Vis, parties transportant le courant et connexions.....	142
8.2.5	Bornes pour conducteurs externes	143
8.3	Protection contre les chocs électriques	145
8.4	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement.....	146
8.5	Échauffement.....	146
8.5.1	Limites d'échauffement	146
8.5.2	Température de l'air ambiant	147
8.6	Caractéristiques de fonctionnement	147
8.6.1	Caractéristiques de fonctionnement de la partie MPD.....	147
8.6.2	Caractéristiques de fonctionnement du dispositif POP	148
8.7	Endurance mécanique et électrique	148
8.8	Tenue aux courants de court-circuit	148
8.9	Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques.....	148
8.10	Résistance à la chaleur.....	148
8.11	Résistance à la chaleur anormale et au feu.....	148
8.12	Performances de sécurité des dispositifs POP en surcharge.....	149
8.13	Comportement des dispositifs POP en cas de surintensités transitoires provoquées par des tensions de choc	149
8.14	Fiabilité.....	149
8.15	Compatibilité électromagnétique (CEM)	149
9	Procédure d'essai.....	149
9.1	Généralités	149
9.1.1	Procédure d'essai générale pour les différents types de dispositifs POP.....	149
9.1.2	Vérification des caractéristiques des dispositifs POP par des essais de type	151
9.1.3	Pour les besoins de la certification, les essais de type sont réalisés dans des séquences d'essais	152
9.2	Conditions d'essai.....	152
9.3	Essai de l'indélébilité du marquage	153
9.4	Essai de la fiabilité des vis, des parties transportant le courant et des connexions	153
9.5	Essai de fiabilité des bornes pour conducteurs externes	154
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques	156
9.7	Essai des propriétés diélectriques.....	156
9.7.1	Résistance à l'humidité	156
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal.....	157
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	158
9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	158
9.7.5	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement	159
9.7.6	Vérification de la tenue aux tensions de chocs et du courant de fuite entre les contacts ouverts.....	160
9.8	Essai d'échauffement.....	162

9.8.1	Température de l'air ambiant	162
9.8.2	Procédure d'essai	162
9.8.3	Mesure de la température des différentes parties	163
9.8.4	Échauffement d'un élément	163
9.9	Vérification des caractéristiques de fonctionnement	163
9.9.1	Circuit d'essai	163
9.9.2	Essais des caractéristiques à vide avec des tensions alternatives sinusoïdales à la température de référence de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$	163
9.9.3	Essai de l'effet de la température de l'air ambiant sur les caractéristiques de fonctionnement	164
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	164
9.10.1	Conditions générales d'essai	164
9.10.2	Procédure d'essai	165
9.10.3	Essai supplémentaire du dispositif POP conformément à 4.1.4	165
9.10.4	État du dispositif POP après l'essai	166
9.11	Vérification du comportement du dispositif POP dans les conditions de court-circuit	166
9.11.1	Généralités	166
9.11.2	Essais de court-circuit des dispositifs POP selon 4.1.4	166
9.12	Vérification de la résistance aux secousses et aux chocs mécaniques	174
9.12.1	Secousses mécaniques	174
9.12.2	Chocs mécaniques	175
9.13	Essai de résistance à la chaleur	177
9.13.1	Essai sur un produit complet	177
9.13.2	Essai de pression à la bille	178
9.14	Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu	179
9.15	Essai des performances de sécurité des dispositifs POP en surcharge	180
9.16	Vérification du comportement des dispositifs POP en cas de surintensités transitoires provoquées par des tensions de choc	180
9.16.1	Généralités	180
9.16.2	Vérification du comportement aux courants de choc jusqu'à 3 000 A (essai de courant de choc de 8/20 μs)	181
9.17	Vérification du vieillissement des composants électroniques	181
9.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	182
9.18.1	Généralités	182
9.18.2	Essais CEM couverts par d'autres articles/paragraphes du présent document	182
9.18.3	Essais CEM à réaliser	182
9.18.4	Critères de performances des dispositifs POP	185
9.18.5	Essais d'émission	185
9.19	Essais des lignes de fuite et des distances d'isolement des circuits électroniques (conditions anormales)	186
9.19.1	Généralités	186
9.19.2	Conditions anormales	186
9.19.3	Procédure d'essai	186
9.20	Exigences relatives aux condensateurs et aux résistances et inductances spécifiques utilisés dans les circuits électroniques	189
9.20.1	Généralités	189
9.20.2	Condensateurs	189
9.20.3	Résistances	190
9.20.4	Inductances et enroulements	190

Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à soumettre pour les besoins de la certification	207
A.1 Séquences d'essais	207
A.2 Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	212
A.3 Nombre d'échantillons à soumettre pour les procédures d'essai simplifiées en cas de soumission simultanée d'une série de dispositifs POP de même conception de base	212
Annexe B (normative) Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite	214
B.1 Généralités	214
B.2 Orientation et emplacement d'une ligne de fuite	214
B.3 Lignes de fuite lorsque plusieurs matériaux sont utilisés	214
B.4 Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante	214
B.5 Mesurage des lignes de fuite et des distances d'isolement	214
Annexe C (normative) Disposition pour la détection des émissions de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit	219
Annexe D (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance de court-circuit	222
D.1 Généralités	222
D.2 Méthode I – Détermination d'après les composantes continues	222
D.3 Méthode II – Détermination avec un générateur pilote	222
Annexe E (informative) Exemples de conceptions de bornes	223
Annexe F (informative) Correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG	226
Annexe G (informative) Dispositif de protection contre les courts-circuits pour les essais de court-circuit	227
G.1 Généralités	227
G.2 Fils d'argent	227
G.3 Dispositifs de protection déclarés	227
G.4 Autres moyens	228
Annexe H (informative) Configurations du dispositif POP selon la classification de 4.1	230
Bibliographie	231
Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation	190
Figure 2 – Vis autotaraudeuse à découpe	190
Figure 3 – Doigt d'essai normalisé (voir 9.6)	191
Figure 4 – Schéma classique pour tous les essais de court-circuit à l'exception de la vérification de l'aptitude dans les systèmes IT	192
Figure 5 – Schéma classique pour la vérification de l'aptitude dans les systèmes IT	193
Figure 6 – Détail de l'impédance Z , Z_1 et Z_2 de la Figure 4 et la Figure 5	193
Figure 7 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour l'essai de court-circuit (voir 9.11.2.2 j))	195
Figure 8 – Dispositif pour l'essai de résistance aux secousses mécaniques (voir 9.12.1)	196
Figure 9 – Dispositif pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (voir 9.12.2)	197
Figure 10 – Pièce de frappe pour l'appareil d'essai de résistance au choc du pendule (voir 9.12.2)	198
Figure 11 – Support de montage de l'échantillon pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (voir 9.12.2)	199
Figure 12 – Exemple de montage des dispositifs POP ouverts pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (voir 9.12.2)	200

Figure 13 – Exemple de montage des dispositifs POP à montage sur panneau pour l'essai de résistance aux chocs mécaniques (voir 9.12.2)	201
Figure 14 – Application de la force pour l'essai mécanique des dispositifs POP montés sur rail (voir 9.12.2)	202
Figure 15 – Dispositif pour l'essai de pression à la bille (voir 9.13.2)	202
Figure 16 – Impulsion de courant de choc 8/20 μ s	203
Figure 17 – Circuit d'essai pour l'essai de courant de choc	203
Figure 18 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (voir 9.17)	204
Figure 19 – Lignes de fuite et distances d'isolement minimales mesurées en millimètres	205
Figure 20 – Lignes de fuite et distances d'isolement minimales en fonction de la valeur de crête de la tension de fonctionnement	206
Figure C.1 – Disposition d'essai	220
Figure C.2 – Grille	221
Figure C.3 – Circuit de grille	221
Figure E.1 – Exemples de bornes à trou	223
Figure E.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté	224
Figure E.3 – Exemples de bornes à plaquette	225
Figure E.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes	225
Figure G.1 – Appareillage d'essai pour la vérification des valeurs minimales de I^2t et de I_p auxquelles le dispositif POP doit résister	229
Figure H.1 – Dispositif POP selon la classification de 4.1	230
Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse	131
Tableau 2 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation	131
Tableau 3 – Marquage et sa position	133
Tableau 4 – Conditions normalisées de fonctionnement en service	135
Tableau 5 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales	140
Tableau 6 – Sections des conducteurs en cuivre avec propriétés de connexion aux bornes à vis	144
Tableau 7 – Valeurs des échauffements	147
Tableau 8 – Liste des essais de type	151
Tableau 9 – Conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés	152
Tableau 10 – Diamètres des filetages et couples à appliquer	154
Tableau 11 – Forces de traction	155
Tableau 12 – Tensions d'essais des circuits auxiliaires	159
Tableau 13 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de chocs	161
Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de l'aptitude au sectionnement, en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs du dispositif POP et de l'altitude à laquelle l'essai est effectué	162
Tableau 15 – Essais à réaliser pour vérifier le comportement des dispositifs POP dans les conditions de court-circuit	166
Tableau 16 – Valeurs minimales de I^2t et I_p	168
Tableau 17 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit	169

Tableau 18 – Essais déjà couverts dans le présent document.....	182
Tableau 19 – Essais à appliquer pour CEM.....	183
Tableau 20 – Conditions d'essai d'émission	186
Tableau 21 – Températures admises maximales dans les conditions anormales	188
Tableau A.1 – Séquences d'essais des dispositifs POP classés selon 4.1.1	208
Tableau A.2 – Séquences d'essais des dispositifs POP classés selon 4.1.2	209
Tableau A.3 – Séquences d'essais des dispositifs POP classés selon 4.1.3	210
Tableau A.4 – Séquences d'essais des dispositifs POP classés selon 4.1.4	211
Tableau A.5 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai complète.....	212
Tableau A.6 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai simplifiée	213
Tableau F.1 – Correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG	226
Tableau G.1 – Indication des diamètres de fil d'argent en fonction des courants assignés et des courants de court-circuit	227

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63052:2019

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS
À FRÉQUENCE INDUSTRIELLE (POP) POUR LES APPLICATIONS
DOMESTIQUES ET SIMILAIRES****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications. L'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'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 63052 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.

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

FDIS	Rapport de vote
23E/1131/FDIS	23E/1155/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Les différentes pratiques suivantes moins permanentes sont appliquées dans les pays indiqués ci-dessous.

5.3.6.2: En Corée, les valeurs de 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A sont également considérées comme des valeurs normalisées.

6.1: En Australie, ce marquage est obligatoire mais il n'est pas exigé qu'il soit visible après installation.

8.2.2: Aux États-Unis, les couleurs rouge et vert ne sont pas utilisées pour l'indication de la position des contacts.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

Le contenu du corrigendum de novembre 2019 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS À FRÉQUENCE INDUSTRIELLE (POP) POUR LES APPLICATIONS DOMESTIQUES ET SIMILAIRES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux dispositifs de protection contre les surtensions à fréquence industrielle (appelés ici "dispositifs POP" – *Power frequency Overvoltage Protection*) pour les appareils domestiques et similaires, avec une fréquence assignée de 50 Hz, 60 Hz ou 50 Hz/60 Hz, une tension assignée maximale de 230 V en courant alternatif (entre phase et neutre) et un courant assigné maximal de 63 A, composés d'une unité fonctionnelle combinée à un dispositif de protection principal (MPD) ou se présentant sous la forme d'un dispositif unique équipé d'un système d'ouverture permettant d'ouvrir le circuit protégé dans les conditions spécifiées.

Le dispositif de protection principal est un disjoncteur, un interrupteur différentiel sans protection incorporée contre les surintensités (ID) ou un disjoncteur différentiel résiduel avec protection incorporée contre les surintensités (DD).

NOTE 1 Un dispositif POP, en tant que dispositif unique, n'est pas un dispositif de protection à utiliser pour la déconnexion automatique de l'alimentation au sens de l'IEC 60364-4-41.

Les POP sont destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2 et une catégorie de surtensions III. Les dispositifs de protection contre les surtensions à fréquence industrielle sont adaptés pour l'isolement.

Les POP peuvent être conçus comme une unité POP assemblée ou intégrée par le fabricant à un dispositif de protection principal, comme un assemblage d'une unité POP mécaniquement ou électriquement couplé sur site à un dispositif de protection principal ou comme un dispositif POP unique équipé d'un système d'ouverture permettant d'ouvrir le circuit protégé dans les conditions spécifiées.

Les POP sont destinés à atténuer les effets des surtensions à fréquence industrielle entre un conducteur de phase et un conducteur de neutre (provoquées, par exemple, par la perte du conducteur de neutre dans l'alimentation triphasée en amont du dispositif POP) du matériel en aval en ouvrant le circuit protégé en cas de surtension entre la phase et le neutre.

NOTE 2 Dans ce contexte, le verbe "atténuer" signifie que le dispositif POP assure la protection dans la plupart des cas de surtensions à fréquence industrielle.

Les dispositifs POP destinés à la surveillance de la tension entre conducteurs de phase et de neutre peuvent être utilisés entre deux conducteurs de phase dans un système d'alimentation électrique entre phases ne dépassant pas 230 V, si ces deux conducteurs sont commutés et déclarés comme tels par le fabricant.

Selon le présent document, les dispositifs POP sont adaptés à une utilisation dans un système IT, à condition que tous les conducteurs sous tension soient commutés.

Le présent document ne s'applique pas à la protection contre les surtensions en mode commun.

Le présent document ne s'applique pas aux parafoudres.

2 Références normatives

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

IEC 60065:2014, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

IEC 60269 (toutes les parties), *Fusibles basse tension*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60384-14:2013, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes d'antiparasitage et raccordement à l'alimentation*

IEC 60384-14:2013/AMD1:2016

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*, disponible à l'adresse: <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 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

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 60695-2-11:2014, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60898-1:2015, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

IEC 60898-2:2016, *Petit appareillage – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 2: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif et en courant continu*

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-16:2015, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la plage de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61008-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61008-1:2010/AMD1:2012

IEC 61008-1:2010/AMD2:2013

IEC 61009-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (DD) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61009-1:2010/AMD1:2012

IEC 61009-1:2010/AMD2:2013

IEC 61249-2 (toutes les parties), *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion*

IEC 61543:1995, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestiques et analogues – Compatibilité électromagnétique*

IEC 61543:1995/AMD1:2004

IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 61558-1, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et des combinaisons de ces éléments – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 61558-2 (toutes les parties), *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et des combinaisons de ces éléments*

IEC 62423, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel de type B et de type F avec et sans protection contre les surintensités incorporée pour usages domestiques et analogues*

IEC 62873-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 2: Residual current devices (RCDs) – Vocabulary (disponible en anglais seulement)*

IEC 62873-3-1, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-1: Particular requirements for RCDs with screwless-type terminals for external copper conductors (disponible en anglais seulement)*

IEC 62873-3-2, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-2: Particular requirements for RCDs with flat quick-connect terminations (disponible en anglais seulement)*

IEC 62873-3-3, *Residual current operated circuit-breakers for household and similar use – Part 3-3: Specific requirements for RCDs with screw-type terminals for external untreated*

aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors (disponible en anglais seulement)

ISO 306, *Plastiques – Matières thermoplastiques – Détermination de la température de ramollissement Vicat (VST)*

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

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

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62873-2, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

NOTE Lorsque les termes "tension" ou "courant" sont utilisés, ils impliquent des valeurs efficaces, sauf spécification contraire.

3.1.1

surtension à fréquence industrielle

augmentation de la tension à la fréquence assignée dans le système d'alimentation électrique au-dessus d'un seuil spécifié

3.1.2

dispositif de protection contre les surtensions à fréquence industrielle

POP

dispositif destiné à atténuer les effets des surtensions à fréquence industrielle entre le conducteur de phase et le conducteur de neutre (provoquées, par exemple, par la perte du conducteur de neutre dans l'alimentation triphasée en amont du dispositif POP) du matériel en aval

Note 1 à l'article: Un dispositif POP qui surveille la tension entre conducteurs de phase et de neutre peut également être utilisé pour atténuer les effets des surtensions à fréquence industrielle entre deux conducteurs de phase d'un système d'alimentation électrique entre phases.

Note 2 à l'article: Le terme abrégé "POP" est dérivé du terme anglais développé correspondant "power frequency overvoltage protective device".

3.1.3

dispositif de protection principal

MPD

dispositif auquel le dispositif POP est destiné à être intégré ou mécaniquement/électriquement couplé, directement ou par l'intermédiaire d'un système de déclenchement, et qui se déclenche dans les conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Le dispositif de protection principal est un disjoncteur (IEC 60898-1 ou IEC 60898-2), un ID (IEC 61008-1 ou IEC 62423) ou un DD (IEC 61009-1 ou IEC 62423).

Note 2 à l'article: Le terme abrégé "MPD" est dérivé du terme anglais développé correspondant "main protective device".

3.1.4

tension de commande

U_a

valeur de tension mesurée, entre le conducteur de phase et le conducteur de neutre, pour laquelle le POP actionne le dispositif de protection principal ou les moyens d'ouverture intégrés

3.1.5

système de déclenchement

dispositif raccordé mécaniquement à un dispositif de protection principal, dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture automatique du dispositif de protection principal

Note 1 à l'article: Le système de déclenchement peut être couplé mécaniquement au dispositif de protection principal ou y être intégré.

3.1.6

unité POP

partie du dispositif POP qui assure la fonction de détection des surtensions à fréquence industrielle et qui déclenche le fonctionnement du dispositif pour couper le courant

Note 1 à l'article: L'interruption du courant peut être assurée soit par les moyens d'ouverture (voir 4.1.4), soit par un dispositif de protection principal assemblé ou intégré par le fabricant à l'unité POP (voir 4.1.1) soit par un dispositif de protection principal couplé sur site à une unité POP (voir 4.1.2 et 4.1.3).

3.1.7

temps de fonctionnement

t_B

durée qui s'écoule entre le moment auquel la surtension est atteinte subitement et le moment auquel le dispositif de protection principal associé au dispositif POP ou aux moyens d'ouverture intégrés a coupé le circuit protégé

3.1.8

temps de non-réponse

t_{0A}

période maximale pendant laquelle une surtension donnée peut être appliquée au dispositif POP sans déclencher son fonctionnement

3.1.9

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du dispositif POP est assurée

3.1.10

position d'ouverture

position dans laquelle la distance prédéterminée d'isolement entre contacts ouverts est assurée dans le circuit principal du dispositif POP

3.1.11

pôle d'un appareil de connexion

élément constituant d'un appareil de connexion associé exclusivement à un chemin conducteur électriquement séparé appartenant à son circuit principal, cet élément ne comprenant pas les éléments constitutifs assurant la fixation et le fonctionnement d'ensemble de tous les pôles

Note 1 à l'article: Un appareil de connexion est appelé unipolaire s'il n'a qu'un pôle. S'il a plus d'un pôle, il peut être appelé multipolaire (bipolaire, tripolaire, etc.) à condition que les pôles soient ou puissent être liés entre eux de façon qu'ils fonctionnent ensemble.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01]

3.1.12**pouvoir de fermeture**

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un dispositif POP est capable d'établir sous une tension donnée et dans des conditions spécifiées d'emploi et de comportement

3.1.13**pouvoir de coupure**

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un dispositif POP est capable d'interrompre sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.1.14**courant conditionnel de court-circuit** I_{nc}

valeur de la composante alternative du courant présumé qu'un dispositif POP protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) placé en série peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.1.15**courant présumé**

courant qui circulerait dans le circuit si le chemin de courant principal du dispositif POP 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, etc.

3.1.16**pouvoir de coupure et de fermeture en court-circuit**

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le dispositif POP, par conception, peut établir, supporter pendant son temps d'ouverture et interrompre dans des conditions spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-442:2019, 442-05-48, modifié – Adapté aux dispositifs POP.]

3.2 Termes abrégés

IRC	indice de résistance au cheminement
MPD	main protective device (dispositif de protection principal)
POP	power frequency overvoltage protection device (dispositif de protection contre les surtensions à fréquence industrielle)
DD	dijoncteur différentiel résiduel avec protection incorporée contre les surintensités
ID	interrupteur différentiel sans protection incorporée contre les surintensités
DDR	dispositif de coupure différentiel
DPCC	dispositif de protection contre les courts-circuits

4 Classification**4.1 D'après la méthode de construction**

4.1.1 Unité POP assemblée ou intégrée dans le dispositif de protection principal par le fabricant comme un dispositif unique;

4.1.2 Unité POP avec système de déclenchement couplé mécaniquement sur site à un dispositif de protection principal;

4.1.3 Unité POP à seulement coupler électriquement sur site au système de déclenchement associé au dispositif de protection principal;

4.1.4 Dispositif POP en tant que dispositif unique disposant de moyens d'ouverture, et destiné à être raccordé en série à un dispositif de protection contre les courts-circuits déclaré adapté par le fabricant et conforme à l'un des documents suivants IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61009-1, DD conformément à l'IEC 62423 ou à l'IEC 60269 (toutes les parties).

Les configurations des dispositifs POP selon la classification indiquée en 4.1 sont présentées à l'Annexe H.

4.2 D'après le nombre de tensions phase-neutre surveillées du conducteur

4.2.1 Une tension phase-neutre surveillée du conducteur;

4.2.2 Trois tensions phase-neutre surveillées du conducteur;

NOTE Un dispositif POP conforme à la classification 4.2.1 peut être utilisé pour surveiller la tension entre deux phases d'un système d'alimentation électrique entre phases avec une tension assignée de 230 V, conformément aux fiches d'instruction qui accompagnent le produit. Dans ce cas, la tension n'est pas surveillée entre la phase et le neutre, mais entre deux phases.

4.3 D'après la méthode de montage

- en saillie;
- encastré;
- en tableau, appelé aussi en tableau de distribution.

NOTE Ces types peuvent être montés sur rails.

5 Caractéristiques des dispositifs POP

5.1 Récapitulatif des caractéristiques

Les caractéristiques de la norme relative au dispositif de protection principal et les suivantes s'appliquent:

- protection contre les influences extérieures;
- méthode de montage;
- méthode de connexion;
- valeur de la tension assignée d'emploi;
- valeur de la fréquence assignée;
- valeurs limites des temps de fonctionnement et des temps de non-réponse.

5.2 Grandeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension assignée d'emploi (U_n)

La tension assignée d'emploi d'un dispositif POP (appelée par la suite "tension assignée") est la valeur de la tension, attribuée par le fabricant, à laquelle se rapportent ses performances.

Plusieurs tensions assignées peuvent être attribuées à un même dispositif POP.

5.2.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

La tension assignée d'isolement d'un dispositif POP 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 indication contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du dispositif POP. En aucun cas la tension maximale assignée ne doit dépasser la tension assignée d'isolement.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un dispositif POP doit être supérieure ou égale aux valeurs normalisées de tension assignée de tenue aux chocs du Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2007 et du Tableau 2 du présent document.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

La valeur du courant, attribuée au dispositif POP par le fabricant, que le dispositif POP peut supporter en service ininterrompu.

5.2.3 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un dispositif POP est la fréquence industrielle pour laquelle le dispositif POP est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

Plusieurs fréquences assignées peuvent être attribuées à un même dispositif POP.

5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Le pouvoir de fermeture et de coupure assigné d'un dispositif POP est la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribuée par le fabricant, qu'un dispositif POP peut établir, supporter et interrompre dans des conditions spécifiées.

Les conditions sont celles spécifiées en 9.11.2 pour les dispositifs POP classés selon 4.1.4, et dans la norme applicable du dispositif de protection déclaré (IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423, par exemple) pour les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3.

5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

Le pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle est la valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribuée par le fabricant, qu'un dispositif POP peut établir, supporter et interrompre avec un pôle dans des conditions spécifiées.

5.3 Valeurs normalisées et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)

Les valeurs préférentielles de tension assignée sont les suivantes:

- 230 V: à chaque fois que le présent document fait référence à 230 V, ces valeurs peuvent être lues, respectivement, 220 V ou 240 V;
- 120 V: à chaque fois que le présent document fait référence à 120 V, ces valeurs peuvent être lues, respectivement, 100 V ou 110 V.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles de courant assigné sont:

6 A – 8 A – 10 A – 13 A – 16 A – 20 A – 25 A – 32 A – 40 A – 50 A – 63 A.

5.3.3 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée

Les valeurs préférentielles de fréquence assignée sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

Si une autre valeur est utilisée, la fréquence assignée doit être indiquée sur le dispositif et les essais doivent être réalisés à cette fréquence.

5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

La valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m est de $10 I_n$ ou 500 A, selon la valeur la plus élevée.

Les facteurs de puissance associés sont donnés en 9.11.2 pour les dispositifs POP classés selon 4.1.4, et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

La valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle I_{m1} est de $10 I_n$ ou 500 A, selon la valeur la plus élevée.

Les facteurs de puissance associés sont donnés en 9.11.2 pour les dispositifs POP classés selon 4.1.4, et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.6 Valeurs normalisées et valeurs préférentielles du courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et valeurs préférentielles du courant de court-circuit conditionnel assigné pour un pôle (I_{nc1})

5.3.6.1 Généralités

Les valeurs normalisées et les valeurs préférentielles du courant de court-circuit conditionnel assigné I_{nc} et I_{nc1} sont spécifiées comme suit.

5.3.6.2 Valeurs jusqu'à 10 000 A inclus

Jusqu'à 10 000 A inclus, les valeurs normalisées du courant de court-circuit conditionnel assigné I_{nc} et I_{nc1} sont:

3 000 A – 4 500 A – 6 000 A – 10 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont donnés en 9.11.2 pour les dispositifs POP classés selon 4.1.4, et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3.

NOTE En Corée, les valeurs de 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A sont également considérées comme des valeurs normalisées.

5.3.6.3 Valeurs supérieures à 10 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à 25 000 A inclus, la valeur préférentielle est 20 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont donnés en 9.11.2 pour les dispositifs POP classés selon 4.1.4, et dans la norme applicable du dispositif de protection déclaré pour les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3. Les valeurs supérieures à 25 000 A ne sont pas prises en compte dans le présent document.

5.3.7 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse

Les valeurs limites du temps de fonctionnement (voir 3.1.7) et du temps de non-réponse (voir 3.1.8) du dispositif POP sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse

	Valeurs normalisées du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse à une tension (U_a) égale à				
	255 V	275 V	300 V	350 V	400 V
Temps de fonctionnement maximal	Pas de déclenchement	15 s	5 s	0,75 s	0,20 s
Temps de non-réponse minimal		3 s	1 s	0,25 s	0,07 s

Des valeurs pour des dispositifs POP assignés à 120 V sont à l'étude.

5.3.8 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 2 donne la valeur normalisée des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 2 – 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	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir le Tableau 13.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir le Tableau 14.		
^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 le Tableau 14).		
^b Pour les habitudes d'installation au Japon.		
^c Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.		

5.4 Coordination avec des dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

5.4.1 Généralités

Les POPs classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3 et utilisant un ID en tant que MPD (IEC 61008-1 ou IEC 62423) et les POP classés selon 4.1.4 doivent être protégés contre les courts-circuits au moyen de disjoncteurs ou de fusibles conformes à leurs normes respectives selon les règles d'installation de l'IEC 60364 (toutes les parties).

La coordination entre les dispositifs POP et le DPCC doit être vérifiée dans les conditions générales de 9.11 afin de vérifier la présence d'une protection adéquate des dispositifs POP contre les courants de court-circuit jusqu'au courant de court-circuit conditionnel I_{nc} .

5.4.2 Courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc}) et courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1})

Le courant de court-circuit conditionnel assigné et le courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle représentent la valeur efficace du courant présumé, attribuée par le fabricant, à laquelle un dispositif POP protégé par un DPCC peut résister dans les conditions spécifiées sans modifier ni compromettre ses fonctions.

Les conditions sont celles définies en 9.11.

5.4.3 Caractéristiques de fonctionnement des moyens d'ouverture des dispositifs POP selon 4.1.4

5.4.3.1 Généralités

Tous les moyens d'ouverture doivent satisfaire aux exigences du présent document.

Les symboles suivants I_{m1} et I_{nc1} sont utilisés pour les essais réalisés sur un pôle uniquement.

5.4.3.2 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1})

Les conditions pour le pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}) de 5.2.4 et de 5.2.5 sont celles spécifiées en 9.11.2.3 et en 9.11.2.4.

Les facteurs de puissance associés pour la valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}) donnés en 5.3.4 et 5.3.5 sont spécifiés dans le Tableau 17.

5.4.3.3 Pouvoir de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc} et I_{nc1})

Les conditions pour le pouvoir de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc} et I_{nc1}) de 5.3.6 sont celles spécifiées en 9.11.2.5.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans le Tableau 17.

6 Marquage et autres informations sur le produit

6.1 Marquage

Chaque dispositif POP doit être marqué selon le Tableau 3 de manière durable.

Tableau 3 – Marquage et sa position

	Marquage ou élément d'informations	Position des informations de marquage		
		Visible sur le produit lors de l'installation	Sur le produit	Dans un feuillet
a	le nom du fabricant ou la marque commerciale	X		
b	la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série	X		
c	la ou les tensions assignées avec le symbole $\sim$ (IEC 60417-5032:2002-10)	X		
d	la fréquence assignée. Les dispositifs POP avec plusieurs fréquences assignées (50/60 Hz, par exemple) doivent être marqués en conséquence		X	
e	pour les dispositifs classés selon 4.1.1 et 4.1.4, le courant assigné	X		
f	pour les dispositifs classés selon 4.1.1 et 4.1.4, le pouvoir de fermeture et de coupure assigné		X	
g	la position d'utilisation, le cas échéant			X
h	le degré de protection (seulement s'il diffère de IP20)			X
i	la méthode de montage et les schémas de câblage			X
j	POP ou la référence de la norme	X		
k	la désignation du type et le numéro de catalogue du dispositif de protection principal avec lequel le dispositif POP est destiné à être associé			X
l	instructions relatives à l'opération de contrôle après montage pour vérifier le fonctionnement mécanique du dispositif de protection principal dans le cas des dispositifs conformes à la classification 4.1.2 et 4.1.3			X

L'aptitude au sectionnement, qui est assuré par tous les dispositifs POP conformément au présent document, peut être indiquée par le symbole  (IEC 60417-6169-1:2012-08) sur le dispositif. Si le marquage est apposé sur le dispositif, il peut être inclus dans un schéma de câblage ou peut être combiné avec les symboles d'autres fonctions.

NOTE En Australie, ce marquage est obligatoire, mais il n'est pas exigé qu'il soit visible une fois installé.

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.

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 n'est obtenu que par une méthode spécifique d'installation et/ou à l'aide d'accessoires particuliers (par exemple, couvre-bornes, enveloppes), cela doit être spécifié dans les ouvrages de référence du fabricant.

Pour les dispositifs POP autres que ceux manœuvrés par un bouton-poussoir, la position d'ouverture doit être indiquée par le symbole  (IEC 60417-5008:2002-10) et la position de fermeture par le symbole  (une courte ligne droite, IEC 60417-5007:2002-10). Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. L'usage exclusif d'indications nationales est provisoirement admis. Ces indications doivent être facilement visibles quand le dispositif POP est installé.

Pour les dispositifs POP 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  (IEC 60417-5008:2002-10).

La couleur rouge ne doit être utilisée pour aucun autre bouton-poussoir du dispositif POP.

Par ailleurs, un bouton restant dans sa position enfoncée suffit à indiquer la position de fermeture. Si, au contraire, le bouton ne reste pas enfoncé, un moyen supplémentaire indiquant la position des contacts doit être prévu.

S'il est nécessaire de distinguer les bornes d'alimentation des bornes de sortie, celles-ci doivent être clairement marquées (en plaçant "alimentation" et "charge" à côté des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant la direction du flux de puissance, par exemple).

Les bornes destinées exclusivement au raccordement du circuit neutre doivent être marquées de la lettre N.

Les bornes d'un conducteur de protection, s'il en existe, doivent être marquées du symbole  (IEC 60417-5019:2006-08).

Le marquage doit être indélébile, facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, des rondelles ou d'autres parties amovibles.

La borne doit être adaptée aux conducteurs rigides (massif ou câble) et, sauf spécification contraire par le fabricant, souples.

Pour les bornes universelles (rigides-massives, rigides-câblées et souples):

- pas de marquage.

Pour les bornes non universelles:

- les bornes prévues pour conducteurs rigides massifs uniquement doivent être marquées par les lettres "s" ou "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) uniquement doivent être marquées par la lettre "r";

Il convient que le marquage figure sur le dispositif POP ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Pour les dispositifs conformes à 4.1.2 et 4.1.3, le marquage exigé à l'Article 6 des documents suivants doit être indiqué, selon le cas: l'IEC 60898-1:2015, ou de l'IEC 60898-2:2016, ou de l'IEC 61008-1:2010 et de l'IEC 61008-1:2010/AMD1:2012 ou de l'IEC 61009-1:2010 et de l'IEC 61009-1:2010/AMD1:2012.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.3, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

6.2 Marquage supplémentaire des dispositifs POP conformément à 4.1.4

6.2.1 Marquage des dispositifs POP

Les dispositifs POP doivent porter un marquage indiquant les informations suivantes:

- le courant assigné maximal et les caractéristiques des dispositifs adaptés de protection contre les surintensités (par exemple, disjoncteurs de type C32 A max), déclarés par le fabricant;
- le pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1});
- le courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc});
- le courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1}).

Ces informations peuvent être marquées sur le côté ou à l'arrière du POP, il n'y a pas lieu qu'elles soient visibles après installation du dispositif.

Il est recommandé de marquer sur le dispositif ou dans la fiche d'instruction les références (désignation de type, numéro de catalogue ou numéro de série) du dispositif de protection principal auquel le dispositif POP peut être connecté en série.

Le fabricant doit indiquer l'intégrale de Joule I^2t et le courant de crête I_{pk} que le dispositif POP peut supporter. Si ces valeurs ne sont pas indiquées, les valeurs minimales sont indiquées dans le Tableau 16.

Pour les dispositifs POP destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, les valeurs les plus élevées de I^2t et de I_{pk} des dispositifs de protection déclarées par le fabricant s'appliquent.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.3 du présent document.

6.2.2 Instructions de câblage et de fonctionnement

Le fabricant doit fournir les instructions pertinentes avec le dispositif POP.

Ces instructions doivent couvrir au moins les informations suivantes:

- référence au(x) type(s) et numéro(s) de catalogue, couvrant les caractéristiques assignées de tension et de courant, etc. du ou des dispositifs de protection déclarés auxquels le dispositif POP est à raccorder;
- le ou les facteurs de déclassement, le cas échéant.

7 Conditions normalisées de fonctionnement en service et pour l'installation

7.1 Conditions normalisées

Un dispositif POP satisfaisant au présent document doit être capable de fonctionner dans les conditions normalisées suivantes indiquées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Conditions normalisées de fonctionnement en service

Grandeur d'influence	Plage d'applications normalisée	Valeur de référence	Tolérances d'essai ^f
Température ambiante ^{a g}	–5 °C à +40 °C ^b	20 °C	±5 °C
Altitude	Ne dépasse pas 2 000 m		
Valeur maximale d'humidité relative 40 °C	50 % ^c		
Champ magnétique externe	Ne dépasse pas 5 fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	^d
Position	Comme indiquée par le fabricant, avec une tolérance de 2 ° dans toutes les directions ^e	Comme spécifiée par le fabricant	2 ° dans toutes les directions
Fréquence	Valeur de référence ±5 % ^f	Valeur assignée	±2 %
Déformation d'onde sinusoïdale	Ne dépasse pas 5 %	Zéro	5 %

^a La valeur maximale de la température quotidienne moyenne est de +35 °C.

^b Des valeurs hors de la plage sont admises en cas de conditions climatiques plus sévères, faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

^c Des humidités relatives supérieures sont admises à plus basse température (90 % à 20 °C, par exemple).

^d Si un dispositif POP est installé à proximité d'un champ magnétique puissant, des exigences supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires.

^e Le dispositif doit être fixé sans entraîner de déformation susceptible de compromettre ses fonctions.

^f Les tolérances indiquées s'appliquent, sauf spécification contraire dans l'essai correspondant.

^g Des limites extrêmes de –20 °C et +60 °C sont admises pendant le stockage et le transport. Il convient d'en tenir compte dans la conception du dispositif.

Dans le cas d'une unité POP intégrée ou assemblée par le fabricant (voir 4.1.1) ou conçue pour être assemblée sur site (voir 4.1.2 et 4.1.3) avec un ou plusieurs dispositifs de protection principaux déclarés dont les conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation sont plus sévères que celles indiquées dans le Tableau 4, les conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus sévère en matière de dispositif de protection doivent s'appliquer.

7.2 Conditions d'installation

Un dispositif POP doit être installé selon les instructions du fabricant.

7.3 Degré de pollution

Les dispositifs POP du présent document sont destinés à des environnements présentant un degré de pollution 2, c'est-à-dire que normalement seule une pollution non conductrice se produit. Occasionnellement, toutefois, une conductivité temporaire causée par de la condensation peut être attendue.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Généralités

L'unité POP ne doit pas réduire les caractéristiques de fonctionnement principales du dispositif de protection principal déclaré. L'unité POP conforme à 4.1.2 ou à 4.1.3 et le dispositif de protection auquel elle est couplée doivent provenir du même fabricant ou porter la même marque déposée.

Par conséquent, le fabricant doit déclarer à quel dispositif de protection l'unité POP peut être associée et quelle unité POP est adaptée au dispositif de protection.

Un dispositif POP ne doit pas être conçu de manière à ce que l'unité POP génère une surintensité ou un courant résiduel à l'intérieur de l'installation dans le but de déclencher un autre dispositif.

Une unité POP doit être raccordée soit aux bornes d'entrée du MPD uniquement soit à ses bornes de sortie uniquement, mais pas aux deux à la fois.

Un dispositif POP doit être conçu et réalisé de façon que, en usage normal, son fonctionnement soit sûr, fiable et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

Un dispositif POP doit satisfaire au présent document conformément au domaine d'application et aux classifications pertinentes.

Un dispositif POP classé selon 4.1.1 doit satisfaire à la norme correspondante du dispositif de protection principal avec lequel il est intégré ou assemblé par le fabricant (IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas) et en plus aux exigences et aux essais indiqués dans le présent document.

Si les essais inclus dans le présent document le sont également dans l'IEC 60898-1, l'IEC 60898-2, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, une seule sélection des exigences et essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doit avoir lieu.

Un dispositif POP classé selon 4.1.2 et 4.1.3 doit satisfaire aux exigences du présent document.

Dans le cas d'une unité POP classée selon 4.1.2 et 4.1.3 destinée à être couplée sur site à plusieurs dispositifs de protection, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être sélectionnés.

Un dispositif POP classé selon 4.1.4 doit satisfaire aux exigences et essais du présent document (voir en particulier 6.2, 9.11.2 et 9.16.2).

Dans le cas de dispositifs POP conformes à 4.1.4 destinés à être câblés avec plusieurs dispositifs de protection, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables relatives aux dispositifs de protection doivent être sélectionnés.

Le degré de protection d'un dispositif POP selon 4.1.4 ne doit pas être inférieur à celui du dispositif de protection déclaré avec lequel il doit être câblé.

Si un dispositif POP selon 4.1.4 peut être câblé avec plusieurs dispositifs de protection déclarés, le degré de protection le plus élevé de toutes les normes applicables, y compris celle-ci, s'applique.

8.2 Conception mécanique

8.2.1 Généralités

Il ne doit pas être possible de modifier les caractéristiques de fonctionnement du dispositif POP par des interventions extérieures. Il ne doit pas être possible de désactiver ou d'inhiber la fonction POP par quelque moyen que ce soit.

Les instructions doivent indiquer qu'il n'est pas admis de câbler un disjoncteur ou un dispositif de protection contre les surintensités avec un dispositif POP conforme à 4.1.4 de façon à obtenir des performances de court-circuit inférieures.

La conformité est vérifiée par examen et par consultation de la documentation.

8.2.2 Mécanisme

Le présent paragraphe s'applique aux dispositifs POP conformes à 4.1.4.

Les contacts mobiles de tous les pôles d'un dispositif POP multipolaire doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, excepté le pôle neutre coupé, s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement.

Un pôle neutre coupé d'un dispositif POP tétrapolaire ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant les autres pôles.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par des essais manuels, en utilisant des moyens appropriés (par exemple, un indicateur lumineux, un oscilloscope, etc.).

Un dispositif POP doit avoir un mécanisme à déclenchement libre.

Il doit être possible d'ouvrir et de fermer le dispositif POP à la main.

Un dispositif POP doit être construit de telle façon que les contacts mobiles puissent rester uniquement en position de fermeture ou d'ouverture, même lorsque l'organe de manœuvre est en position intermédiaire.

Un dispositif POP doit avoir, en position d'ouverture, une distance de sectionnement satisfaisant aux exigences nécessaires pour satisfaire à la fonction sectionnement.

L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou les deux moyens suivants:

- la position de l'organe de manœuvre, cette solution étant privilégiée, 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.

NOTE Aux États-Unis, la couleur rouge et la couleur verte ne sont pas utilisées pour indiquer la position du contact.

Les moyens d'indication de la position des contacts doivent être fiables.

Un dispositif POP doit être conçu de sorte que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis en place que de la façon qui assure une indication correcte de la position des contacts.

Lorsque des moyens de verrouillage de l'organe de manœuvre 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.

Le verrouillage de l'organe de manœuvre en position de fermeture est permis pour des applications particulières.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement prendre la position correspondant à celle 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, auquel cas il doit être nécessaire de réinitialiser manuellement le dispositif POP pour que la refermeture soit possible.

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 depuis l'extérieur du dispositif POP.

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 dispositif POP est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

La conformité aux exigences ci-dessus est vérifiée par examen, essai manuel et, pour le mécanisme à déclenchement libre, par les essais de 9.11 selon la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.3 Distances d'isolement et lignes de fuite

8.2.3.1 Généralités (voir l'Annexe B)

Les distances d'isolement et lignes de fuite minimales exigées sont données dans le Tableau 5 qui est fondé sur le fait que le dispositif POP est conçu pour fonctionner dans un environnement avec le degré de pollution 2.

La conformité pour le point 1 du Tableau 5 est vérifiée par mesurage et par l'essai de 9.7.6.4. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité décrit en 9.7.1.

Les distances d'isolement du point 2 et du point 4 peuvent être réduites, à condition que les distances d'isolement mesurées ne soient pas plus courtes que les distances d'isolement minimales admises dans l'IEC 60664-1 pour des conditions de champ homogènes, auquel cas, après le traitement d'humidité décrit en 9.7.1, la conformité pour le point 2 et le point 4 et aux dispositions concernant les essais de 9.7.2, points b), c) et d), est vérifiée dans l'ordre suivant:

- essais selon 9.7.1 à 9.7.5 selon le cas;
- essai selon 9.7.6.2 appliqué avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 13 et avec les dispositions d'essai de 9.7.2, points b), c) et d).

Si le mesurage n'indique aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.6.2 n'est pas appliqué.

La conformité pour le point 3 du Tableau 5 est vérifiée par mesurage.

NOTE Tous les mesurages exigés en 8.2.3 sont réalisés dans la séquence d'essais A (voir l'Annexe A) sur un échantillon, et les essais selon 9.7 sont réalisés sur trois échantillons de la séquence d'essais B (voir l'Annexe A).

Les parties de circuits imprimés connectées aux parties actives protégées contre la pollution par une protection de type 2 conformément à l'IEC 60664-3 sont exclues de cette vérification.

Les matériaux isolants sont classés 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 5 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales

[illegible]

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.
NOTE 3	Des précautions sont prises pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre les parties actives de polarité différentes des dispositifs POP. Si les exigences en matière de distance d'isolement et de ligne de fuite ne sont pas satisfaites concernant toutes les surfaces adjacentes au dispositif POP, des informations appropriées sont fournies pour les besoins de l'installation.
NOTE 4	Des informations relatives aux exigences de conception de l'isolation solide et aux essais appropriés sont données en 5.3 et 6.1.3 de l'IEC 60664-1:2007.
NOTE 5	Pour les distances d'isolement sur les matériaux de circuit imprimé, la Note 3 suivante du Tableau F.2 de l'IEC 60664-1:2007 peut être utilisée: "Pour les matériaux de circuit imprimé, les valeurs du degré de pollution 1 s'appliquent, sauf que la valeur ne doit pas être inférieure à 0,04 mm, comme indiqué dans le Tableau F.4." Pour les lignes de fuite sur les matériaux de circuit imprimé, les valeurs du Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007 peuvent être utilisées si la protection est un revêtement satisfaisant aux exigences et aux essais de l'IEC 60664-3.
NOTE 6	Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite pour des espacements inférieurs ou égaux à 2 mm pour les cartes de circuit imprimé peut être optimisé dans certaines conditions en cas d'utilisation de l'IEC 60664-5. Seuls les niveaux d'humidité HL 2 et HL 3 sont pris en considération.
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 dispositif POP est monté ne dépendent pas seulement de la conception du dispositif POP, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque le dispositif POP 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 la Figure 3).
d	Voir l'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 énoncées 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 tableaux. 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 matériaux IIb (100 V ≤ IRC < 175 V), les valeurs pour le groupe de matériaux IIIa, multipliées par 1,6, s'appliquent.
i	Pour des tensions de service jusqu'à 25 V inclus, il peut être fait référence à l'IEC 60664-1.

8.2.3.2 Distances d'isolement et lignes de fuite pour les circuits électroniques connectés entre des parties actives ou entre des parties actives et la terre

Pour les circuits électroniques connectés

- entre des parties actives; ou
- entre des parties actives et le circuit de terre lorsque les contacts sont en position fermée,

la vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite est remplacée par les essais de 9.19 et de 9.20.1.

Cela ne s'applique pas aux bornes des conducteurs externes.

8.2.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.2.4.1 Les assemblages mécaniques et connexions électriques doivent être capables de résister aux efforts mécaniques qui se produisent en usage normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du dispositif POP lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) mises en œuvre lors du montage du dispositif POP 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 dispositif POP.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.4, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

NOTE 2 Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais de 9.8, 9.11, 9.12 et 9.17.

8.2.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matériau isolant et qui sont mises en œuvre lors du montage du dispositif POP 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 et par un essai manuel.

NOTE 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'utilisation d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.2.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle sorte que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que la céramique, le mica pur ou d'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.

8.2.4.4 Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, le cas échéant, doivent être constituées d'un métal présentant, 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.

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.

Les exigences de 8.2.4.4 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.

8.2.5 Bornes pour conducteurs externes

8.2.5.1 Pour les bornes ne transportant pas de courant de charge, aucun passage de courant significatif n'est prévu en service normal. Par conséquent, la phase indiquée dans le Tableau 6 correspondant à un courant assigné de 13 A doit être appliquée pour l'essai de 9.5.

Le 8.2.5.2 et le 8.2.5.3 s'appliquent, sauf:

- pour les bornes sans vis pour conducteurs en cuivre externes, l'IEC 62873-3-1 doit s'appliquer;
- pour les bornes plates à connexion rapide, l'IEC 62873-3-2 doit s'appliquer;
- pour les 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, l'IEC 62873-3-3 doit s'appliquer.

Lors de l'application des normes IEC 62873, le terme "dispositif de coupure différentiel (DDR)" doit être remplacé par "dispositif POP", et la référence à 8.1 dans l'IEC 62873 (toutes les parties) doit être remplacée par 8.2. La référence à 8.1.5.n dans l'IEC 62873 (toutes les parties) doit être remplacée par 8.2.5 n+1.

8.2.5.2 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de sorte que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

Des dispositifs de connexion pour barres conductrices sont admis à condition qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

La conformité est vérifiée par examen et l'essai de 9.5 selon la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.3 Les bornes doivent permettre la connexion des conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées dans le Tableau 6.

NOTE Des exemples de conceptions possibles de bornes sont donnés dans l'Annexe E.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite section et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 6 – 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	
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	Conducteurs (massifs ou câblés) 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	10 à 25	4 à 10
50	80		10 à 16

NOTE Pour les sections AWG, voir le Tableau F.1 de l'Annexe F.

^a Pour des courants assignés, jusqu'à 50 A inclus, il est exigé que les bornes soient 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 Pour une série de dispositifs POP ayant la même conception de base et construction des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimal et de la plus grande section pour le courant assigné maximal, comme spécifié, massif ou câblé, selon le cas.

8.2.5.4 Les moyens de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre composant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen.

8.2.5.5 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation particulière.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme "préparation particulière" comprend le brasage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œilletons, 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.

8.2.5.6 Les bornes doivent présenter 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 de 9.5.1, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.5.2, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.5.8 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de 9.4 et de 9.5.1, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.5.9 Les bornes doivent être conçues ou placées de sorte 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 cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.5.3, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.5.10 Les bornes doivent être fixées ou placées de sorte que leurs fixations ne se desserrent pas lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de sorte que leur rotation ou déplacement soit empêché, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences du présent document.

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;
- 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 le présent document.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par l'essai de 9.4, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.2.5.11 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, et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les modèles de bornes dont des exemples sont donnés à l'Annexe E 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 soit pas susceptible d'être retirée par inadvertance, peuvent être nécessaires.

8.2.5.12 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 (voir Figure 1 et Figure 2).

8.3 Protection contre les chocs électriques

Les dispositifs POP doivent être conçus de telle sorte que, lorsqu'ils sont montés et câblés comme pour un usage normal, les parties actives ne soient pas accessibles.

NOTE L'expression "comme pour un usage normal" implique de monter les dispositifs POP conformément aux instructions du fabricant.

Une partie est considérée comme "accessible" si elle peut être touchée avec le doigt d'essai normalisé (voir 9.6).

Dans le cas des dispositifs POP, les parties extérieures autres que les vis ou autres moyens de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque les dispositifs POP sont montés et câblés 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 dispositifs POP. 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 doivent présenter une résistance mécanique adéquate.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives, et leurs parties conductrices (qui seraient par ailleurs des "parties conductrices exposées") doivent être revêtues de matériau isolant, à l'exception des moyens de couplage d'organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. Le vernis et l'émail ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens de 8.3.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.6, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.4 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

Les dispositifs POP doivent présenter des propriétés diélectriques adéquates et doivent assurer le sectionnement.

Les circuits de commande connectés au circuit principal ne doivent pas être endommagés par la tension continue élevée due aux mesures d'isolement qui sont en principe réalisées après l'installation des dispositifs POP.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.7, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.5 Échauffement

8.5.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des parties d'un dispositif POP spécifiées dans le Tableau 7, mesurés dans les conditions spécifiées en 9.8.2, ne doivent pas dépasser les limites indiquées dans le Tableau 7.

Le dispositif POP ne doit pas subir de dommages de nature à nuire à son fonctionnement et à rendre son usage dangereux.

Tableau 7 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b}	Échauffement K
Bornes pour connexions externes	65
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du dispositif POP, 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 dispositif POP en contact direct avec la surface de montage	60
^a Aucune valeur n'est spécifiée pour les contacts. En effet, la conception de la plupart des dispositifs POP 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. ^b Aucune valeur n'est spécifiée pour les parties autres que celles indiquées dans Tableau 7, mais les parties adjacentes en matériau isolant ne doivent pas être endommagées et le fonctionnement du dispositif POP ne doit pas être affecté.	

Si un dispositif POP est connecté (voir 4.1.4) avec un ou plusieurs dispositifs de protection déclarés associés dont les conditions normalisées d'échauffement sont plus sévères que celles indiquées dans le Tableau 7, les conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus sévère en matière de dispositif de protection doivent s'appliquer (IEC 60269 (toutes les parties), IEC 60898-1, IEC 60898-2 et IEC 61009-1).

Dans le cas d'une unité POP intégrée ou assemblée par le fabricant (voir 4.1.1) ou assemblée sur site (voir 4.1.2 et 4.1.3) avec un ou plusieurs dispositifs de protection principaux déclarés dont les conditions normalisées d'échauffement sont plus sévères que celles indiquées dans le Tableau 7, les conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus sévère en matière de dispositif de protection doivent s'appliquer (IEC 60898-1, IEC 60898-2, IEC 61008-1, IEC 61009-1 et IEC 62423).

8.5.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 7 sont uniquement applicables si la température de l'air ambiant reste dans les limites indiquées dans le Tableau 4.

8.6 Caractéristiques de fonctionnement

8.6.1 Caractéristiques de fonctionnement de la partie MPD

Un MPD dont l'unité POP est intégrée ou assemblée par le fabricant (classé selon 4.1.1) doit satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection principal.

La conformité est vérifiée en procédant à tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée au 9.1.1.

Un MPD assemblé avec une unité POP (classée selon 4.1.2 et 4.1.3) doit satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection principal.

La conformité est vérifiée en procédant à tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée au 9.1.1.

8.6.2 Caractéristiques de fonctionnement du dispositif POP

8.6.2.1 Généralités

Les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs POP doivent être telles qu'elles assurent une protection suffisante, sans fonctionnement intempestif.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.9.

8.6.2.2 Effet de la température de l'air ambiant sur les caractéristiques de déclenchement

Les températures ambiantes autres que la température de référence, dans les limites de -5°C et $+40^{\circ}\text{C}$, ne doivent pas affecter de façon inacceptable les caractéristiques de déclenchement des dispositifs POP.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.9.3.

8.7 Endurance mécanique et électrique

Un dispositif POP doit être capable d'effectuer un nombre adéquat de manœuvres mécaniques et électriques.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.10, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.8 Tenue aux courants de court-circuit

Un dispositif POP doit être en mesure d'effectuer un nombre spécifié d'opérations sur court-circuit, pendant lesquelles il ne doit ni mettre en danger l'opérateur ni déclencher un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.11, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.9 Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques

Un dispositif POP doit avoir une tenue mécanique telle qu'il puisse supporter les contraintes imposées lors de l'installation et pendant leur utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.12, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.10 Résistance à la chaleur

Un dispositif POP doit être suffisamment résistant à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.13, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.11 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matériau isolant des dispositifs POP ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant dans leur voisinage, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matériau isolant est considérée comme vérifiée par les autres essais du présent document.

La conformité est vérifiée par l'essai de 9.14, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.12 Performances de sécurité des dispositifs POP en surcharge

Un dispositif POP doit être en mesure de résister en permanence à 1,1 fois la tension entre phases.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 9.15, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.13 Comportement des dispositifs POP en cas de surintensités transitoires provoquées par des tensions de choc

Les dispositifs POP doivent convenablement résister aux surintensités transitoires à la terre dues à la charge des capacités de l'installation et aux surintensités transitoires à la terre dues à des amorçages dans l'installation.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.16, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.14 Fiabilité

Un dispositif POP doit fonctionner de manière fiable même après un long service, en tenant compte du vieillissement de ses composants.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.17, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

8.15 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Un dispositif POP doit satisfaire aux exigences pertinentes en matière de compatibilité électromagnétique.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.18, conformément à la procédure d'essai donnée en 9.1.1.

9 Procédure d'essai

9.1 Généralités

9.1.1 Procédure d'essai générale pour les différents types de dispositifs POP

9.1.1.1 Dispositifs POP classés selon 4.1.1

Un dispositif POP classé selon 4.1.1, dont l'unité POP est intégrée dans le MPD, doit en premier lieu être soumis à l'essai selon l'IEC 60898-1, l'IEC 60898-2, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

Pour un dispositif POP classé selon 4.1.1, dont l'unité POP est assemblée avec le MPD, le MPD doit satisfaire à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-2, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

L'unité POP assemblée au MPD ne doit pas empêcher le bon fonctionnement du dispositif de protection principal. Les vérifications suivantes du mécanisme et des caractéristiques de fonctionnement de l'unité POP assemblée au MPD doivent être réalisées sur les dispositifs dont le nombre de pôles est le plus important, dont la valeur de I_n est la plus élevée et dont la valeur de $I_{\Delta n}$ est la plus basse, selon le cas:

- a) pour les disjoncteurs, selon le cas: 8.1.2 ¹, 9.10.2.1 et 9.10.3 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) de l'IEC 60898-1:2015 et/ou 9.10.3 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) de l'IEC 60898-2:2016;
- b) pour les ID: 8.1.2 ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2, 9.9.2.3 a) et 9.15 de l'IEC 61008-1:2010, IEC 61008-1:2010/AMD1:2012 et IEC 61008-1:2010/AMD2:2013;
- c) pour les DD: 8.1.2 ¹, 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) et 9.11 de l'IEC 61009-1:2010, IEC 61009-1:2010/AMD1:2012 et IEC 61009-1:2010/AMD2:2013.

Ensuite, la procédure d'essai donnée dans le présent document doit être appliquée.

Si les essais inclus dans le présent document l'étaient également dans l'IEC 60898-1, l'IEC 60898-2, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, les essais les plus sévères parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, le critère d'acceptation combinant toutefois le critère d'acceptation de toutes les normes applicables.

L'Annexe A donne les séquences d'essais du Tableau A.1 et un certain nombre d'échantillons d'essai du dispositif POP selon 4.1.1.

9.1.1.2 Dispositifs POP classés selon 4.1.2 et 4.1.3

Si un dispositif POP est classé selon 4.1.2 et 4.1.3, l'unité POP doit en premier lieu être couplée comme indiqué par le fabricant au(x) dispositif(s) de protection principal(ux) déclaré(s) (conformément aux instructions du fabricant) qui satisfait/satisfont à l'IEC 60898-1, l'IEC 60898-2, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

L'unité POP ne doit pas empêcher le bon fonctionnement du dispositif de protection principal. Les vérifications suivantes des caractéristiques de fonctionnement de l'unité POP assemblée au MPD doivent être réalisées sur les dispositifs dont le nombre de pôles est le plus important, dont la valeur de I_n est la plus élevée et dont la valeur de $I_{\Delta n}$ est la plus basse, selon le cas:

- a) pour les disjoncteurs, selon le cas: 8.1.2 ¹, 9.10.2.1 et 9.10.3 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) de l'IEC 60898-1:2015 et/ou 9.10.3 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) de l'IEC 60898-2:2016;
- b) pour les ID: 8.1.2 ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2, 9.9.2.3 a), et 9.15 de l'IEC 61008-1:2010, IEC 61008-1:2010/AMD1:2012 et IEC 61008-1:2010/AMD2:2013;
- c) pour les DD: 8.1.2 ¹, 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) ¹, 9.9.2.1, 9.9.2.2 (uniquement à la limite supérieure du courant de déclenchement instantané) et 9.11 de l'IEC 61009-1:2010, IEC 61009-1:2010/AMD1:2012 et IEC 61009-1:2010/AMD2:2013.

Ensuite, la procédure d'essai donnée dans le présent document doit être appliquée.

Dans le cas des unités POP destinées à être couplées sur site à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai doit être soit répétée avec chaque dispositif de protection déclaré par le fabricant, soit les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, le critère d'acceptation combinant toutefois celui de toutes les normes applicables.

L'Annexe A donne la séquence d'essais au Tableau A.2 et le nombre d'échantillons pour essai d'un dispositif POP classé selon 4.1.2.

¹ Examens et essais manuels uniquement.

L'Annexe A donne la séquence d'essais au Tableau A.3 et le nombre d'échantillons pour essai d'un dispositif POP classé selon 4.1.3.

9.1.1.3 Dispositifs POP classés selon 4.1.4

Un dispositif POP classé selon 4.1.4 doit être connecté en série au(x) dispositif(s) de protection principal(aux) déclaré(s).

Pour les dispositifs POP destinés à être utilisés avec plusieurs dispositifs de protection différents, la procédure d'essai est appliquée avec les valeurs les plus élevées de I^2t et de I_{pk} des dispositifs de protection déclarés par le fabricant.

Le ou les dispositifs de protection déclarés doivent satisfaire aux essais de type de:

- l'IEC 60898-1 ou l'IEC 60898-2 pour les disjoncteurs,
- l'IEC 61009-1 ou l'IEC 6089862423 pour les DD,
- la série IEC 60269 pour les fusibles,

selon le cas.

Les essais indiqués dans le présent document doivent être appliqués pour démontrer la conformité au présent document. L'Annexe A donne la séquence d'essais au Tableau A.4 et le nombre d'échantillons pour essai d'un dispositif POP classé selon 4.1.4.

9.1.2 Vérification des caractéristiques des dispositifs POP par des essais de type

Les essais de type exigés par le présent document sont indiqués dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3
– Fiabilité des vis, parties transportant le courant et connexions	9.4
– Fiabilité des bornes pour conducteurs externes	9.5
– Protection contre les chocs électriques	9.6
– Propriétés diélectriques	9.7
– Échauffement	9.8
– Caractéristiques de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10
– Comportement dans les conditions de court-circuit	9.11
– Résistance aux secousses et aux chocs mécaniques	9.12
– Résistance à la chaleur	9.13
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.14
– Performances de sécurité des dispositifs POP en surcharge	9.15
– Comportement en cas de surintensités provoquées par la tension de choc	9.16
– Vérification du vieillissement des composants électroniques	9.17
– Compatibilité électromagnétique	9.18
– Essais des lignes de fuite et des distances d'isolement des circuits électroniques (conditions anormales)	9.19
– Exigences relatives aux condensateurs et aux résistances et inductances spécifiques utilisés dans les circuits électroniques	9.20

9.1.3 Pour les besoins de la certification, les essais de type sont réalisés dans des séquences d'essais

NOTE Le terme "certification" indique:

- la déclaration de conformité du fabricant; ou
- la certification d'une tierce partie (par un organisme de certification indépendant, par exemple).

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués à l'Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque séquence d'essais est réalisée sur un dispositif POP neuf, les grandeurs d'influence prenant leurs valeurs de référence normales (voir le Tableau 4).

9.2 Conditions d'essai

Le dispositif POP est monté individuellement selon les instructions du fabricant et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C, sauf spécification contraire, et est protégé contre un réchauffement ou un refroidissement extérieur excessif.

Les dispositifs POP prévus pour être installés dans des enveloppes individuelles sont soumis aux essais dans la plus petite des enveloppes spécifiées par le fabricant.

NOTE Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour recevoir un seul dispositif.

Sauf spécification contraire due au dispositif de protection déclaré, le dispositif POP est connecté avec le câble approprié présentant la section indiquée dans le Tableau 9 et est fixé sur un panneau de contreplaqué peint en noir mat d'au moins 20 mm, la méthode de fixation doit satisfaire aux exigences de montage du fabricant.

Tableau 9 – Conducteurs d'essai en cuivre correspondant aux courants assignés

Courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16
NOTE Pour les conducteurs en cuivre AWG, voir l'Annexe F.							

En l'absence de tolérances particulières, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles qui sont spécifiées dans le présent document. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à une fréquence assignée $\pm 5\%$.

Pendant les essais, ni l'entretien ni le démontage des échantillons ne sont autorisés.

Pour les essais de 9.8, 9.9, 9.17 et 9.19, le dispositif POP est connecté comme suit:

- a) les connexions sont réalisées au moyen de conducteurs à âme massive en cuivre, isolés au PVC;
- b) les connexions sont à l'air libre et leur écartement n'est pas inférieur à la distance existante entre les bornes;
- c) la longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de:
 - 1 m pour les sections $\leq 10 \text{ mm}^2$;
 - 2 m pour les sections $> 10 \text{ mm}^2$.

Les couples de serrage qui sont appliqués aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés dans le Tableau 10.

Pour les dispositifs POP à opération manuelle dépendante, une vitesse de fonctionnement de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$ doit être utilisée lors de l'actionnement pour les essais de 9.10 et de 9.11. La vitesse est mesurée quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai entre en contact avec l'organe de manœuvre du dispositif POP en essai. Pour les boutons rotatifs, la vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du dispositif POP en essai.

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 hydrocarbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, un point d'ébullition initial d'environ 65 °C, un point sec d'environ 69 °C et une gravité spécifique de $0,68 \text{ g/cm}^3$).

NOTE L'hexane aliphatique présentant la composition principale exigée par la norme et le CAS N° 110-54-3 peut être utilisé.

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 du présent document, le marquage doit être également facilement lisible.

Il ne doit pas être possible d'enlever aisément les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.

9.4 Essai de la fiabilité des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La satisfaction aux exigences de 8.2.4 est vérifiée par examen et, pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors du montage et de la connexion du dispositif POP, par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- 5 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 au Tableau 10.

Les vis et les écrous doivent être serrés en un mouvement régulier et continu.

L'essai est réalisé avec des conducteurs rigides uniquement, présentant les sections les plus grandes spécifiées dans le Tableau 6, massifs ou câblés, selon la situation la plus défavorable. Le conducteur est déplacé chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré.

Tableau 10 – Diamètres des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	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 dont la lame est 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 pour le serrage 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 se desserrer et ne doivent présenter aucun dommage (bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, par exemple) qui nuirait à l'usage ultérieur du dispositif POP.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Essai de fiabilité des bornes pour conducteurs externes

9.5.1 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs, câblés ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées dans le Tableau 6.

La borne doit être adaptée à tous les types de conducteurs: rigide (massif ou câblé) 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 25 mm², selon le cas;
- les essais pour des conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs d'une section de 1 mm² à 16 mm², selon le cas.

Le conducteur est inséré dans une borne neuve sur la distance minimale spécifiée ou, si aucune distance n'est spécifiée, 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 10.

Chaque conducteur est ensuite soumis à une traction avec une force en Newton de la valeur indiquée dans le Tableau 11, en fonction de la section correspondante du conducteur soumis à l'essai.

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 11 – 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 significative dans la borne.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite section et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 6, 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 10.

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 se desserrer et ne doivent présenter 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.

9.5.3 Les bornes sont munies de la plus grande section indiquée dans le Tableau 6 pour les conducteurs en cuivre câblés et/ou souples.

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 à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 10.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé en dehors du dispositif de retenue.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence s'applique aux parties des dispositifs POP qui sont accessibles à l'opérateur quand ils sont montés comme pour un usage normal.

L'essai est réalisé avec le doigt d'essai normalisé de la Figure 3, sur le dispositif POP monté comme pour un usage normal (voir la note de 8.3) et équipé de conducteurs de la plus petite section et de la plus grande section qui peuvent être connectés au dispositif POP.

Le doigt d'essai normalisé doit être conçu de sorte que chacune des sections puisse être tournée selon un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt, dans une même direction seulement.

Le doigt d'essai normalisé 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. Le doigt d'essai normalisé ne doit pas toucher les parties actives.

Les dispositifs POP 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 dispositifs POP étant à cette température.

Les dispositifs POP sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'essai rigide rectiligne 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 dispositif POP, mais il n'est pas appliqué aux parois 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 dispositifs POP 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.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du dispositif POP pour l'essai

Les parties du dispositif POP 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 à ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les entrées de câbles, s'il en existe, sont laissées ouvertes. S'il existe des parois 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 $\pm 1\text{ °C}$ 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 °C et T °C + 4 °C.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE 1 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.

NOTE 2 Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il vaut mieux assurer une circulation permanente de l'air et utiliser une enceinte thermiquement isolée.

9.7.1.4 État du dispositif POP après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit présenter aucun dommage au sens du présent document et doit satisfaire aux essais de 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5 et 9.7.6.2 (si applicable).

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal

Le dispositif POP ayant été traité comme spécifié en 9.7.1 est ensuite retiré de l'enceinte.

Après un intervalle de 30 min à 60 min suivant le traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après l'application d'une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre suivant:

- le dispositif POP étant en position d'ouverture, entre chaque paire de bornes qui sont reliées électriquement entre elles lorsque le dispositif POP est en position de fermeture, successivement sur chaque pôle;
- le dispositif POP étant en position de fermeture, successivement entre chaque pôle et les autres reliés entre eux, les composants électroniques reliés entre les chemins de courant déconnectés pour l'essai.
- le dispositif POP étant en position de fermeture, entre tous les pôles reliés entre eux et la masse incluant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface extérieure du boîtier en matériau isolant, mais les bornes étant complètement libres afin d'éviter l'amorçage entre les bornes et la feuille métallique;
- pour les dispositifs POP à enveloppe métallique dont le revêtement intérieur est 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 dispositif POP est montée, couverte, si nécessaire, d'une feuille métallique;
- les vis et autres dispositifs de fixation de la base sur son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées lors de la fixation du dispositif POP;
- les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées en 8.3.

Si le dispositif POP comporte une borne destinée à la connexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures selon b), c) et d), la feuille métallique est appliquée de sorte que la matière de remplissage, le cas échéant, soit effectivement soumise à l'essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 MΩ pour les mesures selon a) et b);
- 5 MΩ pour les autres mesures.

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Après que le dispositif POP a passé les essais de 9.7.2, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.2, les composants électroniques, le cas échéant, étant déconnectés pour l'essai.

La tension d'essai doit être de forme pratiquement sinusoïdale et sa fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source de la tension d'essai doit être en mesure de 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 a) à c) de 9.7.2;
- 2 500 V pour d) de 9.7.2.

Commencer par appliquer une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur spécifiée, 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

a) Les mesures de la résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après les mesures de la résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.

Si des composants électroniques reliés au circuit principal en service normal sont utilisés, les connexions temporaires pour l'essai doivent être réalisées de sorte que, pendant les essais, la tension soit inexistante entre les entrées et les sorties des composants.

b) Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:

- entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et à la masse;
- entre chaque partie des circuits auxiliaires pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble, à une tension de 500 V en courant continu 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 appliquer sont indiquées dans le Tableau 12.

Tableau 12 – Tensions d'essais des 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, aucun amorçage ni aucune perforation ne doivent se produire.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension sont ignorées.

NOTE 2 Dans le cas de dispositifs POP dont le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais peuvent être réalisés sur des échantillons spécialement préparés par le fabricant ou selon ses instructions.

NOTE 3 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 Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement

L'essai est réalisé sur le dispositif POP fixé sur un support métallique, en position de fermeture, tous les circuits de commande étant connectés comme en service.

Une source de tension continue est utilisée avec les caractéristiques suivantes:

- tension à vide: $600 \text{ V }^{+25}_{-0} \text{ V}$

NOTE Cette valeur est provisoire.

- taux d'ondulation maximal: 5 %
où

$$\text{ondulation (\%)} = \frac{\text{valeur maximale} - \text{valeur moyenne}}{\text{valeur moyenne}} \times 100$$

- courant de court-circuit: $12 \text{ mA }^{+2}_{-0} \text{ mA}$

Cette tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés ensemble à la masse.

Après ce traitement, le dispositif POP doit être en mesure de procéder aux essais spécifiés en 9.9.2.

9.7.6 Vérification de la tenue aux tensions de chocs et du courant de fuite entre les contacts ouverts

9.7.6.1 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 de choc consécutives doit être d'au moins 1 s pour les ondes de choc de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de choc de polarité différente.

Lorsque l'essai de tenue aux tensions de chocs est effectué sur le dispositif POP complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il est nécessaire de vérifier que la valeur exigée de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement en essai.

La valeur nominale de l'impédance d'onde interne de l'appareil d'essai doit être inférieure à 500 Ω .

Si les essais sont réalisés sur des dispositifs POP dont les parties en essai intègrent des composants (des parafoudres, par exemple), un générateur hybride présentant une impédance virtuelle de 2 Ω doit être utilisé.

La forme des ondes de choc est ajustée, le dispositif POP en essai étant raccordé au générateur hybride. À cet effet, des diviseurs de tension appropriés et des capteurs de tension doivent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les composants de protection contre les surtensions avant de procéder aux essais.

Pour les dispositifs POP à parafoudres intégrés, la forme des ondes de choc est ajustée sans connecter le dispositif POP au générateur hybride.

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 se produire pendant les essais.

Il est recommandé d'utiliser un oscilloscope pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.6.2 Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de chocs

Si le mesurage des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 5 n'indique pas de réduction des distances d'isolement, cet essai n'est pas appliqué.

Lorsque le mesurage des distances d'isolement n'est pas réalisable dans le dispositif, cet essai doit être appliqué pour remplacer le mesurage des distances d'isolement des points 2 et 4 du Tableau 5.

L'essai est réalisé sur un dispositif POP fixé sur un support métallique et en position de fermeture.

Les valeurs de la tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 13 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs du dispositif POP donnée au Tableau 2. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 13.

Les essais sont réalisés avec le dispositif POP en position de fermeture, en appliquant la tension de choc:

- successivement entre chaque pôle et les autres reliés entre eux, les composants électroniques reliés entre les chemins de courant déconnectés pour l'essai;
- entre tous les pôles reliés entre eux et la masse incluant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface extérieure du boîtier en matériau isolant, mais les bornes étant complètement libres afin d'éviter l'amorçage entre les bornes et la feuille métallique;
- pour les dispositifs POP à enveloppe métallique dont le revêtement intérieur est 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.

NOTE Le terme "masse" est défini en 9.7.2.

Si applicable, la feuille métallique est appliquée de sorte que la matière de remplissage, le cas échéant, soit effectivement soumise à l'essai.

Les essais a) et b) sont effectués après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. S'il apparaît toutefois une seule décharge disruptive, dix ondes de choc 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 se produire.

Tableau 13 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de chocs

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

9.7.6.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

NOTE Cette vérification ne s'applique pas aux dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3

Chaque pôle du dispositif POP étant en position d'ouverture est alimenté à une tension égale à 1,1 fois sa tension assignée d'emploi.

Le courant de fuite circulant entre les contacts ouverts est mesuré après les essais de 9.10 et de 9.11 et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.6.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts à une tension de choc (aptitude au sectionnement)

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit en 9.7.1.

Les valeurs de la tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 14 en fonction de la tension assignée de l'installation dans laquelle le dispositif POP est destiné à être utilisé, donnée au Tableau 2. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 14.

Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de l'aptitude au sectionnement, en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs du dispositif POP et de l'altitude à laquelle l'essai est effectué

Tension nominale de l'installation V	Tensions d'essai en fonction de l'altitude				
	$U_{1,2/50}$ en courant alternatif crête kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Système monophasé avec point milieu à la terre 120/240 ^a	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 les habitudes d'installation au Japon.

^b Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.

La série d'essais est effectuée sur un dispositif POP fixé sur un support métallique comme en usage normal et avec le contact en position d'ouverture.

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 d'ouverture.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire pendant l'essai.

9.8 Essai d'échauffement

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 répartis symétriquement autour du dispositif POP à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du dispositif POP.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

Il convient de veiller à éviter les erreurs dues à de brusques variations de température.

9.8.2 Procédure d'essai

Un courant égal à I_n , à la tension assignée circule simultanément par tous les pôles du dispositif POP pendant une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne la valeur en régime établi. En pratique, cette condition est atteinte quand la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K/h.

Pour les dispositifs POP classés selon 4.2.2, en premier lieu, l'essai est réalisé en faisant passer le courant spécifié par les trois pôles de phase seulement, puis en second lieu en faisant passer le courant spécifié par le pôle correspondant au neutre et par le pôle adjacent au neutre.

Pendant ces essais, l'échauffement ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 7.

9.8.3 Mesure de la température des différentes parties

La température des différentes parties spécifiées dans le Tableau 7 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 cet élément mesurée conformément à 9.8.3 et la température de l'air ambiant mesurée conformément à 9.8.1.

9.9 Vérification des caractéristiques de fonctionnement

9.9.1 Circuit d'essai

Un dispositif POP est installé comme en usage normal.

Pour les dispositifs POP classés selon 4.1.2 et 4.1.3, les essais sont réalisés sur une unité POP connectée à un nouvel échantillon du dispositif de protection principal associé conforme à sa norme de produit correspondante.

Les distorsions harmoniques totales sur la tension d'alimentation ne doivent pas dépasser une valeur maximale de 8 % (voir IEC TS 62749).

Les tensions d'alimentation stabilisées et les techniques de mesure de tension efficace vraie doivent être appliquées.

9.9.2 Essais des caractéristiques à vide avec des tensions alternatives sinusoïdales à la température de référence de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$

9.9.2.1 Généralités

Un dispositif POP doit faire l'objet des essais de 9.9.2.2 et 9.9.2.3. La tolérance des tensions appliquées est de ± 1 %.

Le dispositif POP doit être refermé après chaque opération.

Pour les dispositifs POP selon 4.2.2, il convient de soumettre successivement à l'essai chaque phase et le neutre.

9.9.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'une surtension

Le dispositif POP est alimenté à la tension assignée. Dès que la stabilité thermique est atteinte, la tension d'alimentation est soudainement augmentée (par exemple, au moyen d'un interrupteur, d'un relais, etc.) jusqu'à 255 V et maintenue à cette valeur pendant 1 h.

Le dispositif POP ne doit pas se déclencher.

Ensuite, le circuit d'essai doit être successivement étalonné à chacune des valeurs de la tension de commande U_a spécifiée dans le Tableau 1.

Le dispositif POP étant en position de fermeture et alimenté à la tension assignée, la tension d'alimentation est soudainement augmentée sans interruption jusqu'à U_a .

Le dispositif POP doit se déclencher pendant chaque application de U_a .

Après chaque opération, la tension est réduite jusqu'à la tension assignée et le dispositif POP est de nouveau mis en marche.

Trois mesures du temps de fonctionnement sont réalisées à chaque valeur de la tension de commande.

Aucune valeur ne doit dépasser la valeur limite correspondante spécifiée dans le Tableau 1.

Si le dispositif POP est équipé d'une borne destinée à être reliée au conducteur de protection, cette borne doit uniquement être reliée au neutre par l'intermédiaire d'une résistance de 1 Ω , la chute de tension à travers cette résistance étant mesurée.

Le courant calculé à partir de la chute de tension mesurée au niveau de résistance de 1 Ω ne doit pas dépasser 0,5 mA en valeur efficace.

9.9.2.3 Vérification des temps minimaux de non-réponse

Le circuit d'essai étant successivement étalonné à chacune des tensions de commande U_a spécifiées dans le Tableau 1, et le dispositif POP étant en position de fermeture, la tension d'alimentation est soudainement augmentée sans interruption de la tension assignée jusqu'à U_a pendant des durées correspondant aux temps de non-réponse minimaux pertinents. Cet essai est réalisé trois fois sur chaque échantillon.

De plus, le dispositif POP étant en position de fermeture et alimenté à 255 V, la tension est soudainement augmentée sans interruption à 275 V pendant 3 s.

Le dispositif POP ne doit pas se déclencher pendant les essais.

9.9.3 Essai de l'effet de la température de l'air ambiant sur les caractéristiques de fonctionnement

Les essais de 9.9.2.2 et de 9.9.2.3 sont répétés dans les conditions suivantes:

- a) température ambiante: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, à vide;
- b) température ambiante: $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ avec le dispositif POP alimenté à la tension assignée et chargé au courant assigné, jusqu'à stabilité thermique.

En pratique, les conditions de stabilité thermique sont atteintes quand la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K/h.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Conditions générales d'essai

Le dispositif POP est fixé sur un support métallique.

L'essai est réalisé à la tension assignée d'emploi.

9.10.2 Procédure d'essai

Les dispositifs POP font l'objet de plusieurs cycles de commande, s'agissant pour chacun d'appliquer une surtension à fréquence industrielle qui déclenche l'appareil de connexion.

Après chaque cycle de commande, la tension d'alimentation est réduite jusqu'à la valeur assignée et le dispositif POP est refermé, en moins de 1 min.

Le dispositif POP doit fonctionner comme en usage normal.

Les cycles de commande doivent être effectués comme suit:

- 48 cycles de commande répartis sur 3 h, pour une surtension de 315 V.

En variante, la durée de l'essai et le nombre de cycles de commande peuvent être réduits à:

- 30 cycles de commande répartis sur 1 h, pour une surtension de 400 V.

Les essais d'endurance électrique et mécanique sont couverts par la conformité à la norme de produit correspondante.

9.10.3 Essai supplémentaire du dispositif POP conformément à 4.1.4

9.10.3.1 Conditions générales d'essai

L'essai est réalisé à la tension assignée d'emploi, le courant étant 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 bobines d'inductance dans l'air sont utilisées, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par les bobines d'inductance est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si des bobines d'inductance à noyau de fer sont utilisées, les pertes de puissance dues au fer de ces bobines d'inductance ne doivent pas avoir d'impact significatif sur la tension de rétablissement.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Le dispositif POP est raccordé au circuit par des conducteurs de la dimension appropriée indiquée dans le Tableau 9.

9.10.3.2 Procédure d'essai

Les dispositifs POP conformes à 4.1.4 sont en outre soumis à 2 000 cycles de fonctionnement, s'agissant pour chacun d'une opération de fermeture suivie d'une opération d'ouverture.

Le dispositif POP doit fonctionner comme en usage normal. Les opérations d'ouverture doivent être réalisées comme suit à l'aide d'organes de manœuvre manuels.

De plus, le dispositif POP est soumis, sans charge et à l'aide des organes de manœuvre manuels, à:

- 2 000 cycles de fonctionnement pour les dispositifs POP avec $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 cycles de fonctionnement pour les dispositifs POP avec $I_n > 25$ A.

La fréquence de fonctionnement doit être de:

- quatre cycles de fonctionnement par minute pour les dispositifs POP avec $I_n \leq 25$ A, la période d'activité durant entre 1,5 s et 2 s;
- deux cycles de fonctionnement par minute pour les dispositifs POP avec $I_n > 25$ A, la période d'activité durant entre 1,5 s et 2 s.

9.10.4 État du dispositif POP après l'essai

Après les essais de 9.10.2 et de 9.10.3, le dispositif POP ne doit pas présenter

- d'usure anormale;
- de dommages à l'enveloppe tels qu'ils permettent de toucher des parties actives avec le doigt d'essai normalisé;
- de desserrage de connexions électriques ou raccordements mécaniques;
- de fuite de matière de remplissage, le cas échéant.

Le dispositif POP doit continuer à fonctionner dans les conditions d'essai de 9.9.2.2.

Le dispositif POP doit ensuite satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique de 9.7.3 réalisé pendant 1 min mais à une tension de 900 V sans subir un traitement à l'humidité préalable.

9.11 Vérification du comportement du dispositif POP dans les conditions de court-circuit

9.11.1 Généralités

Les dispositifs POP classés selon 4.1.4 doivent être soumis à l'essai selon 9.11.2.

Les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3 sont soumis à l'essai selon l'IEC 60898-1, l'IEC 60898-2, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

Ensuite, la fonctionnalité du dispositif POP est vérifiée en répétant l'essai de 9.9.2.2 et de 9.9.2.3, selon le cas, sans mesurer le temps de fonctionnement.

9.11.2 Essais de court-circuit des dispositifs POP selon 4.1.4

9.11.2.1 Généralités

Les différents essais de vérification du comportement du dispositif POP selon 4.1.4 dans les conditions de court-circuit sont présentés dans le Tableau 15.

Tableau 15 – Essais à réaliser pour vérifier le comportement des dispositifs POP dans les conditions de court-circuit

Vérification du/de la	Paragraphe
Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	9.11.2.3
Pouvoir de fermeture et de coupure sur un pôle I_{m1} et aptitude pour les systèmes IT	9.11.2.4
Coordination au courant de court-circuit conditionnel assigné I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination au pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.5 b)
Coordination au courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 Conditions générales pour l'essai

Les conditions de 9.11.2 s'appliquent à tous les essais visant à vérifier le comportement du dispositif POP dans les conditions de court-circuit.

a) Circuit d'essai

La Figure 4, la Figure 5 et la Figure 6 présentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un dispositif POP selon 4.2.1;
- un dispositif POP selon 4.2.2.

L'alimentation S alimente un circuit incluant l'impédance Z, le dispositif de protection déclaré, selon le cas, le dispositif POP en essai (D) et l'impédance supplémentaire Z_1 et/ou Z_2 , selon le cas.

Les valeurs des résistances et des bobines d'inductance du circuit d'essai doivent être ajustées de manière à satisfaire les conditions d'essai spécifiées.

De préférence, il doit s'agir de bobines d'inductance dans l'air L. Elles doivent toujours être connectées en série aux résistances R et leur valeur doit être obtenue par des couplages en série de bobines d'inductance individuelles. Il est possible de connecter en parallèle les bobines d'inductance si celles-ci ont pratiquement la même constante de temps.

Les caractéristiques de tension transitoire de rétablissement des circuits d'essai comportant de grandes bobines d'inductance dans l'air n'étant pas représentatives des conditions de service normal, la bobine d'inductance dans l'air d'une phase doit être shuntée par une résistance r absorbant approximativement 0,6 % du courant traversant la bobine d'inductance (voir la Figure 6). Cette résistance peut être ignorée en accord avec le fabricant.

Dans chaque circuit d'essai, l'impédance Z est insérée entre la source d'alimentation S et le dispositif POP.

Le dispositif de protection déclaré ou l'impédance équivalente (voir 9.11.2.3 a) et 9.11.2.4 a)) est inséré(e) entre l'impédance Z et le dispositif POP.

L'impédance supplémentaire Z_1 , si elle est utilisée, doit être insérée du côté charge du dispositif POP.

Pour les essais de 9.11.2.5 a) et c), le dispositif POP doit être connecté avec des câbles de 0,75 m de longueur par pôle et la section maximale correspondant au courant assigné selon le Tableau 6.

Il est recommandé de connecter 0,5 m du côté alimentation et 0,25 m du côté charge du dispositif POP.

Le schéma du circuit d'essai doit être indiqué dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la figure correspondante.

Le circuit d'essai ne doit avoir qu'un seul point directement mis à la terre. Il 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. La méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Z_2 , correctement étalonnée, est une impédance permettant d'obtenir l'un des courants suivants:

- le courant de fermeture et de coupure assigné sur un pôle I_{m1} ;
- le courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle I_{nc1} .

S_1 est un interrupteur auxiliaire.

Pour vérifier les valeurs minimales I^2t et I_p auxquelles le dispositif POP doit résister données dans le Tableau 16, des essais doivent être réalisés. Le dispositif de protection contre les surintensités déclaré doit être utilisé dans les essais.

Pour les besoins de cet essai, le dispositif de protection contre les surintensités déclaré (I^2t et I_p) est vérifié avant de procéder à l'essai, le dispositif POP étant remplacé par une connexion temporaire d'impédance négligeable.

Les valeurs minimales de la contrainte thermique I^2t et du courant de crête I_p , selon un angle électrique de 45°, sont données dans le Tableau 16.

Ces valeurs ne doivent pas dépasser 1,1 fois les valeurs données dans le Tableau 16, sauf en cas d'accord avec le fabricant.

Tableau 16 – Valeurs minimales de I^2t et I_p

I_{nc} et I_{nc1} A		I_n A					
		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3
	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE A la demande du fabricant, des valeurs plus élevées de I^2t et I_p peuvent être utilisées.

Pour les valeurs intermédiaires des courants d'essai de court-circuit, le courant d'essai de court-circuit le plus élevé suivant doit s'appliquer.

La vérification des valeurs minimales de I^2t et I_p n'est pas nécessaire si le fabricant a indiqué pour les dispositifs POP des valeurs supérieures aux valeurs minimales, auquel cas les valeurs indiquées doivent être vérifiées.

Pour la coordination avec les disjoncteurs, des essais avec cette combinaison sont nécessaires.

Toutes les parties conductrices du dispositif POP en principe mises à la terre en service, y compris le support métallique sur lequel est monté le dispositif POP ou une enveloppe métallique (voir 9.11.2.2 f)), doivent être reliées au point neutre de l'alimentation ou à un neutre artificiel sensiblement non inductif permettant un courant de défaut présumé d'au moins 100 A.

Cette connexion doit inclure un fil en cuivre F de 0,1 mm de diamètre et d'une longueur minimale de 50 mm pour la détection du courant de défaut et, si nécessaire, d'une résistance R_2 limitant la valeur du courant de défaut présumé à environ 100 A.

Les capteurs de tension sont connectés:

- entre les bornes du pôle, pour les dispositifs POP unipolaires;
- entre les bornes d'alimentation, pour les dispositifs POP multipolaires.

Sauf indication contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être d'au moins 100 Ω/V de tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les dispositifs POP font l'objet, côté réseau, de la tension assignée (ou, le cas échéant, d'une tension ayant la valeur la plus basse de sa plage de tensions assignées).

b) Tolérances sur les grandeurs d'essai

Tous les essais relatifs à la vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné et de la coordination correcte entre les dispositifs POP et les dispositifs de protection

déclarés doivent être réalisés aux valeurs de grandeurs et de facteurs d'influence indiquées par le fabricant conformément au Tableau 4, sauf spécification contraire.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les grandeurs consignées dans le rapport d'essai sont dans les limites des tolérances suivantes pour les valeurs spécifiées:

- courant: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$;
- fréquence: voir 9.2;
- facteur de puissance: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$;
- tension: (y compris la tension de rétablissement): $\pm 5 \%$.

c) 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 à l'Annexe D.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme la moyenne du facteur de puissance de chaque phase.

Le facteur de puissance doit être conforme au Tableau 17.

Tableau 17 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit

Courant de court-circuit (I_c) A	Facteur de puissance
$I_c \leq 500$	0,95 à 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

d) Tension de rétablissement à fréquence industrielle

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à une valeur correspondant à 105 % de la tension assignée du dispositif POP en essai.

NOTE 1 La valeur de 105 % de la tension assignée est réputée couvrir les effets des variations de la tension système dans les conditions de service normal. La valeur limite supérieure peut être augmentée avec l'accord du fabricant.

Après chaque extinction d'arc, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,1 s.

e) Étalonnage du circuit d'essai

Le dispositif POP et le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, sont remplacés par les connexions temporaires G1 présentant une impédance négligeable comparée au circuit d'essai.

Pour l'essai de 9.11.2.5 a), les bornes de sortie du dispositif POP étant court-circuitées au moyen des connexions G₂ d'impédance négligeable, l'impédance Z est ajustée de manière à obtenir, à la tension d'essai, un courant égal au courant de court-circuit conditionnel assigné au facteur de puissance spécifié. Le circuit d'essai est mis sous tension simultanément dans tous les pôles et la courbe de courant est consignée avec le capteur de courant O₁.

De plus, pour les essais de 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) et c), les impédances supplémentaires Z₁ et/ou Z₂ sont utilisées, selon le cas, de manière à obtenir les valeurs de courant d'essai exigées (I_m , I_{m1} et I_{c1} , respectivement).

f) États du dispositif POP en essai

Les dispositifs POP doivent être soumis aux essais à l'air libre conformément à f) 1), sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation dans des enveloppes spécifiées par le fabricant ou s'ils sont prévus seulement pour une utilisation dans des enveloppes individuelles, auxquels cas ils doivent être soumis aux essais selon f) 2) ou, avec l'accord du fabricant, selon f) 1).

NOTE 2 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour recevoir un seul dispositif.

Le dispositif POP doit être manœuvré en simulant le plus possible le fonctionnement manuel normal.

1) Essai à l'air libre

Le dispositif POP en essai est installé comme indiqué à la Figure C.1.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant spécifiées à l'Annexe C sont placées, comme représenté à la Figure C.1, seulement pour les manœuvres d'ouverture (O).

La ou les grilles spécifiées à l'Annexe C doivent être positionnées de telle sorte que la majeure partie des gaz ionisés émis les traverse. La ou les grilles doivent être placées dans les positions les plus défavorables.

NOTE 3 Si la position des orifices d'échappement n'est pas évidente ou en l'absence d'orifice d'échappement, les informations appropriées sont fournies par le fabricant.

Le ou les circuits de la grille (voir la Figure C.3) doivent être connectés au point B et au point C conformément aux schémas de circuit d'essai de la Figure 4 et de la Figure 5.

La résistance R' doit avoir une valeur de $1,5 \Omega$. Le fil de cuivre F' (voir la Figure C.3) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les dispositifs POP présentant une tension assignée de 230 V.

NOTE 4 Des données pour d'autres tensions sont à l'étude.

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_{nc} , la distance "a" peut être augmentée et/ou des barrières ou moyens d'isolation supplémentaires peuvent être installés, comme indiqué par le fabricant. La distance "a", si elle est augmentée, doit être choisie parmi la série 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc., et indiquée par le fabricant.

2) Essai dans des enveloppes

La grille et la barrière en matériau isolant représentées à la Figure C.1 ne sont pas utilisées.

L'essai doit être exécuté avec le dispositif POP installé dans une enveloppe dont la configuration est la plus défavorable, dans les conditions les plus défavorables.

Cela signifie que si d'autres dispositifs POP (ou d'autres dispositifs) sont normalement installés dans la ou les directions dans lesquelles la ou les grilles seraient placées, il convient de les y installer. Ces dispositifs POP (ou d'autres dispositifs) sont alimentés comme en usage normal, mais par l'intermédiaire de F' et R' tels que définis en f) 1), et connectés comme indiqué à la Figure 4 et la Figure 5 correspondantes.

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 à l'Annexe C est placée comme représenté à la Figure C.1 à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations O uniquement.

g) Séquence de manœuvres

La procédure d'essai consiste en une séquence de manœuvres.

Les symboles suivants sont utilisés pour définir cette séquence:

- O représente une manœuvre d'ouverture, le court-circuit étant établi par l'interrupteur T, avec le dispositif POP et le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, en position de fermeture;
- CO représente une manœuvre de fermeture du dispositif POP, l'interrupteur T et le dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC), le cas échéant, étant en position de fermeture, suivie d'une ouverture automatique (dans le cas d'un dispositif de protection contre les courts-circuits, voir 9.11.2.5) ou d'une ouverture manuelle;
- t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres sur court-circuit successives, qui doit être de 3 min ou d'une durée plus longue que ce qui peut être exigé pour le réarmement ou le remplacement du dispositif de protection contre les courts-circuits, le cas échéant.

h) Comportement du dispositif POP pendant les essais

Pendant les essais, le dispositif POP ne doit pas mettre l'opérateur en danger.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre les pôles ou entre les pôles et les parties conductrices exposées, ni fusion du fusible F.

i) État du dispositif POP après les essais

Après chaque essai applicable réalisé conformément à 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) et 9.11.2.5 c), les dispositifs POP ne doivent présenter aucun dommage susceptible de compromettre leur usage ultérieur et doivent être en mesure, sans maintenance, de satisfaire aux essais suivants:

- courant de fuite entre les contacts ouverts, selon 9.7.6.3;
- essais de rigidité diélectrique selon 9.7.3, effectués entre 2 h et 24 h après l'essai de court-circuit, à une tension égale à deux fois sa tension assignée, pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité;
- fermeture et coupure de son courant assigné à sa tension assignée.

Pendant ces essais, après celui réalisé dans les conditions spécifiées au point a) de 9.7.2, il faut vérifier que les moyens d'indication affichent la position d'ouverture et, pendant l'essai réalisé dans la condition spécifiée au point b) de 9.7.2, les moyens d'indication doivent afficher la position de fermeture.

Le dispositif POP doit être soumis à l'essai selon 9.9.2.2, à la valeur maximale indiquée dans le Tableau 1, sans mesure du temps de fonctionnement.

La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu, à la vision normale ou corrigée, sans grossissement supplémentaire.

j) Interprétation des enregistrements

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 l'essai de coupure réalisé sur le dispositif POP en essai. La tension appliquée est évaluée comme indiqué à la Figure 7.

La tension côté alimentation doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après disparition des phénomènes haute fréquence.

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 (valeur correspondant à A_2 de la Figure 7).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être égal à la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.11.2.3 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Cet essai vise à vérifier l'aptitude du dispositif POP à établir, à supporter pendant une durée spécifiée et à couper les courants de court-circuit.

a) Conditions d'essai

Le dispositif POP est soumis à l'essai dans un circuit conformément aux conditions générales d'essai spécifiées en 9.11.2.2 sans insérer de dispositif de protection dans le circuit.

Les connexions G1 d'impédance négligeable sont remplacées par le dispositif POP et par des connexions ayant approximativement la même impédance que le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est réalisée, la manœuvre CO étant réalisée par un actionneur qui ferme le mécanisme et qui l'ouvre au moins 0,05 s plus tard afin d'assurer que le courant circule dans le dispositif POP:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1}) des dispositifs POP et de leur aptitude à être utilisés dans des systèmes IT

Cet essai vise à vérifier l'aptitude du dispositif POP à établir, à supporter pendant une durée spécifiée et à couper les courants de court-circuit sur un pôle et vérifier leur aptitude pour les systèmes IT.

a) Conditions d'essai

Le dispositif POP doit être soumis à l'essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 9.11.2.2, sans insérer de dispositif de protection dans le circuit, mais en le connectant de sorte que le courant de court-circuit circule dans un pôle.

Pour cet essai, l'impédance Z_1 n'est pas utilisée, le circuit restant ouvert.

Les chemins de courant qui ne transportent pas le courant de court-circuit sont reliés à la tension d'alimentation au niveau de leurs bornes d'alimentation.

Les connexions G1 d'impédance négligeable sont remplacées par le dispositif POP et par des connexions ayant approximativement la même impédance que le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

L'essai est réalisé sur chaque pôle en excluant le pôle neutre coupé, le cas échéant.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est réalisée. L'ouverture est assurée par un actionneur qui manœuvre le mécanisme et qui l'ouvre au moins 0,05 s plus tard afin d'assurer que le courant circule dans le dispositif POP:

En variante à la réalisation des manœuvres d'ouverture avec un actionneur, le fabricant peut fournir des échantillons spécialement préparés qui peuvent être ouverts par des moyens électriques externes simulant l'ouverture automatique dans les conditions de défaut d'arc.

CO – t – CO – t – CO.

c) Pour vérifier l'aptitude au système IT, cet essai est répété sur de nouveaux échantillons:

- à une tension égale à 105 % de la valeur de tension entre phases assignée pour les pôles de phase et à une tension égale à 105 % de U_0 pour le pôle marqué N, le cas échéant; et

- conformément à 5.3.5, avec un courant de 500 A ou $10 I_n$, selon la valeur la plus élevée.

Chaque pôle est soumis individuellement à un essai dans un circuit dont les connexions sont représentées à la Figure 5.

La séquence d'essais est CO – t – CO.

Les dispositifs POP à neutre non coupé ne sont pas soumis à cet essai.

9.11.2.5 Vérification de la coordination entre le dispositif POP et le dispositif de protection déclaré

Ces essais sont réalisés selon la Figure 4.

Ces essais sont destinés à vérifier que le dispositif POP, protégé par le dispositif de protection déclaré, est en mesure de résister sans dommage aux courants de court-circuit jusqu'à son courant de court-circuit conditionnel assigné (voir 5.3.6).

Le courant de court-circuit est interrompu par l'association du dispositif POP et du dispositif de protection déclaré.

Pendant l'essai, le dispositif POP et le dispositif de protection ou le dispositif de protection seul peut fonctionner.

Le dispositif de protection est remplacé ou réarmé, selon le cas, après chaque manœuvre.

Les essais suivants (voir également le Tableau 15) sont réalisés dans les conditions générales de 9.11.2.2:

- un essai (voir 9.11.2.5 a)) pour vérifier qu'au courant de court-circuit conditionnel assigné I_{nc} , le dispositif de protection déclaré protège le dispositif POP;
- un essai (voir 9.11.2.5 b)) pour vérifier qu'aux courants de court-circuit dont la valeur correspond au pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m , le dispositif de protection déclaré fonctionne et protège le dispositif POP;
- un essai (voir 9.11.2.5 c)) pour vérifier qu'en cas de court-circuit entre phase et terre avec des courants dont la valeur atteint celle du courant de court-circuit conditionnel assigné pour une phase I_{nc1} , le dispositif POP est en mesure de résister aux contraintes correspondantes.

a) Vérification de la coordination au courant de court-circuit conditionnel assigné (I_{nc})

1) Conditions d'essai

Les connexions G1 d'impédance négligeable sont remplacées par le dispositif POP et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est réalisée:

CO – t – CO.

b) Vérification de la coordination au pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

1) Conditions d'essai

Les connexions G1 d'impédance négligeable sont remplacées par le dispositif POP et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est réalisée:

CO – t – CO – t – CO.

- c) Vérification de la coordination au courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1}).

1) Conditions d'essai

Le dispositif POP doit être soumis à l'essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 9.11.2.2, mais en le connectant de sorte que le courant de court-circuit circule uniquement dans un pôle.

L'essai est réalisé sur un pôle uniquement, qui ne doit pas être le neutre coupé du dispositif POP, dans le cas de dispositifs multipolaires, l'essai est répété sur chaque pôle.

Les chemins de courant qui ne doivent pas transporter le courant de court-circuit résiduel sont reliés à la tension d'alimentation au niveau de leurs bornes d'alimentation.

Les connexions G1 d'impédance négligeable sont remplacées par le dispositif POP et par le dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC).

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est réalisée:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Vérification de la résistance aux secousses et aux chocs mécaniques

9.12.1 Secousses mécaniques

9.12.1.1 Appareillage d'essai

Le dispositif POP est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté à la Figure 8. Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton ou des moyens de fixation équivalents, 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 B porte sur une plaque de butée métallique D qui repose sur un ou plusieurs ressorts hélicoïdaux ayant une constante de flexion totale de 25 N/mm (± 20 %).

Le dispositif POP est fixé à C de sorte que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et B soit de 180 mm, C étant à son tour fixée de sorte que la distance entre la surface de montage et la charnière soit de 200 mm (voir la Figure 8). La tolérance générale pour les dimensions données à la Figure 8 est ± 2 mm.

Sur C, à l'opposé de la surface de montage du dispositif POP, une masse supplémentaire est fixée de sorte que la force statique sur D soit de 25 N (-0 %, $+10$ %) afin de garantir que le moment d'inertie du système complet soit pratiquement constant.

9.12.1.2 Procédure d'essai

Le dispositif POP étant en position de fermeture, mais sans être relié à aucune source électrique, la plate-forme est soulevée par son extrémité libre et ensuite lâchée 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 dispositif POP est ensuite fixé sur le côté opposé de C, et B est de nouveau lâchée 50 fois comme précédemment.

Après cet essai, C est tournée de 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, sa position de nouveau réglée de sorte que l'axe vertical de symétrie du dispositif POP soit à 200 mm de la charnière.

La plate-forme B est ensuite lâchée 50 fois comme précédemment, le dispositif POP étant d'un côté de C, et 50 fois avec le dispositif POP du côté opposé.

Avant chaque changement de position, le dispositif POP est ouvert et fermé manuellement.

Le dispositif POP ne doit pas s'ouvrir pendant les essais.

9.12.2 Chocs mécaniques

9.12.2.1 Généralités

La conformité est vérifiée sur les parties exposées du dispositif POP monté comme en usage normal (voir la note de 8.3), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai de 9.12.2.2 pour tous les types de dispositifs POP et, de plus, par les essais de

- 9.12.2.3 pour les dispositifs POP destinés à être montés sur un rail;
- 9.12.2.4 pour les dispositifs POP de type enfichable.

NOTE Les dispositifs POP destinés à être totalement enfermés uniquement ne sont pas soumis à cet essai.

9.12.2.2 Essai pour tous les dispositifs POP

Les échantillons reçoivent des coups au moyen d'un appareillage d'essai au choc représenté de la Figure 9 à la Figure 11.

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 solidement fixée 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 tête de la pièce de frappe en polyamide, les conditions suivantes s'appliquent:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,002\,5 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- surcharge: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des informations complémentaires relatives à la détermination de la dureté Rockwell des matières plastiques sont données dans la spécification ASTM D 785.

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 dispositifs POP pour montage en saillie sont montés sur une plaque de bois contre-plaqué, de 175 mm × 175 mm, de 8 mm d'épaisseur, fixée à ses bords supérieurs et inférieurs à une console rigide qui fait partie intégrante du support de montage (voir la Figure 11).

Le support de montage doit avoir une masse de (10 ± 1) kg et doit être monté sur une masse rigide par l'intermédiaire de pivots. La masse est fixée à une paroi massive.

Les dispositifs POP à encastrer sont montés dans un dispositif d'essai (voir la Figure 12) fixé au support de montage.

Les dispositifs POP à montage sur panneau sont montés dans un dispositif d'essai (voir la Figure 13) fixé au support de montage.

Les dispositifs POP de type enfichable sont montés sur leurs supports appropriés, qui sont fixés sur la plaque de bois contre-plaqué ou dans les dispositifs d'essai conformément à la Figure 12 ou la Figure 13, selon le cas.

Les dispositifs POP pour le montage sur rail sont montés sur leur rail approprié solidement fixé au support de montage (voir la Figure 14).

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 contreplaqué;
- le contreplaqué puisse tourner autour d'un axe vertical.

Le dispositif POP, avec ses couvercles, le cas échéant, est monté sur le contreplaqué ou dans le dispositif d'essai approprié comme en usage normal, selon le cas, de sorte que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles dépourvues de paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont pourvues de parois défonçables, deux d'entre elles sont ouvertes.

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 10.

La pièce de frappe est lâchée d'une hauteur de 10 cm sur les surfaces qui sont exposées quand le dispositif POP 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 de 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.

Chaque dispositif POP reçoit 10 coups, dont deux sont appliqués à l'organe de manœuvre, les autres étant régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon susceptibles d'être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces des parois 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°, puis deux coups sont appliqués, chacun à peu près à mi-distance entre le coup latéral appliqué sur une face latérale et les coups appliqués sur l'organe de manœuvre.

Les autres coups sont appliqués ensuite de la même manière, après avoir fait tourner l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contreplaqué.

En présence d'entrées de câbles ou de parois défonçables, l'échantillon est monté de sorte que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces entrées.

Les deux coups sur les organes de manœuvre doivent être appliqués: l'un lorsque l'organe de manœuvre est en position d'ouverture, l'autre lorsque l'organe de manœuvre en position de fermeture.

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens du présent document. En particulier les couvercles, qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou compromettent l'usage ultérieur du dispositif POP, 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 est 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 8.2.3 et de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques sont négligés.

Dans le cas des dispositifs POP conçus pour être fixés par des vis et pour le montage sur rail, l'essai est réalisé sur deux ensembles de dispositifs POP, l'un d'eux étant fixé au moyen de vis et l'autre étant monté sur un rail.

9.12.2.3 Essai des dispositifs POP destinés à être montés sur un rail

Les dispositifs POP destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail solidement fixé à une paroi rigide verticale, mais sans raccorder les câbles et sans aucune plaque de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée en un mouvement régulier et continu pendant 1 min sur la surface avant du dispositif POP, suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (Figure 14).

Pendant cet essai, le dispositif POP ne doit pas prendre de jeu et, après l'essai, il ne doit pas présenter de dommage susceptible de compromettre son usage ultérieur.

9.12.2.4 Essais des dispositifs POP de type enfichable

NOTE Des essais supplémentaires sont à l'étude.

9.13 Essai de résistance à la chaleur

9.13.1 Essai sur un produit complet

Les échantillons, sans couvercles amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Les couvercles amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Pendant l'essai, les échantillons ne doivent subir aucune modification qui compromettrait leur usage ultérieur et la matière de remplissage, le cas échéant, 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'essai normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Ensuite, le fonctionnement du dispositif POP est vérifié en répétant l'essai de 9.9.2.

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 du présent document.

9.13.2 Essai de pression à la bille

Les parties externes du produit en matériau isolant font l'objet d'un essai de pression à la bille au moyen de l'appareillage représenté à la Figure 15.

La partie à soumettre à l'essai, préparée selon 9.13.2 a) ci-dessous, est placée sur un support en acier avec la surface appropriée dans la position horizontale, puis soumise à l'essai dans une étuve. Une bille en acier de 5 mm de diamètre est appuyée contre cette surface avec une force de 20 N.

Les essais ne sont pas effectués sur les parties en matériau céramique.

Si au moins deux des parties isolantes sont composées du même matériau, l'essai est réalisé sur une de ces parties seulement.

Les parties externes du produit en matériau isolant, nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant ou des parties du circuit de protection, sont soumises à l'essai à une température de $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (voir 9.13.2 b)) ci-dessous.

Toutes les autres parties externes du produit sont soumises à l'essai à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ou de $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ plus l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai de 9.8, selon la valeur la plus élevée.

a) Échantillon d'essai

Un échantillon d'essai est prélevé du produit final de manière à obtenir un morceau d'au moins 2,5 mm d'épaisseur dont les surfaces inférieure et supérieure sont à peu près parallèles. Si nécessaire, l'épaisseur peut être obtenue en empilant au moins deux sections dont la longueur ne permet pas de mouvement notable entre les surfaces avant l'essai. S'il s'avère impossible de prélever un échantillon d'essai avec des surfaces parallèles, il faut veiller à placer la surface de l'échantillon d'essai directement sous la bille de pression. L'échantillon d'essai doit présenter une longueur d'au moins 10 mm et une largeur d'au moins 10 mm ou être un cercle d'au moins 10 mm de diamètre.

S'il s'avère peu pratique d'utiliser un échantillon d'essai prélevé du produit final, une plaque de matériau identique peut être utilisée. Les dimensions des sections planes des échantillons d'essai doivent présenter une longueur d'au moins 10 mm sur une largeur d'au moins 10 mm ou un cercle d'au moins 10 mm de diamètre, l'épaisseur doit être de $(3,0 \pm 0,5) \text{ mm}$.

L'échantillon d'essai doit être stocké pendant au moins 24 h dans une atmosphère dont la température est comprise entre $15 ^\circ\text{C}$ et $35 ^\circ\text{C}$ et dont l'humidité relative est comprise entre 45 % et 75 %.

b) Montage et procédure d'essai

La tolérance concernant le diamètre de la bille en acier ne doit pas dépasser $\pm 1 \%$ afin d'obtenir des résultats comparables.

Le support de l'éprouvette doit être un bloc métallique en acier, d'au moins $\geq 50 \text{ mm}$ de diamètre et $\geq 100 \text{ mm}$ de hauteur.

L'essai doit être réalisé dans l'air, dans une étuve à la température spécifiée (à ± 2 °C) mesurée dans les 50 mm du centre approximatif de l'échantillon d'essai.

Avant d'introduire l'échantillon d'essai, l'appareillage d'essai et le support de l'échantillon d'essai doivent être maintenus dans l'étuve à la température d'essai exigée pendant 24 h ou jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes, selon ce qui se produit en premier. Cette dernière condition peut être vérifiée à l'aide d'un thermocouple inséré dans le support de l'échantillon d'essai.

NOTE Il s'est révélé utile de monter un thermocouple séparé au centre du support de l'échantillon d'essai, à environ 3 mm au-dessous de la surface, afin de vérifier que la température du support de l'échantillon d'essai ne s'écarte pas de la température d'essai.

Lorsque les conditions d'équilibre thermique sont atteintes, l'échantillon d'essai est placé à peu près au centre du support, de sorte que sa surface supérieure soit horizontale. La bille de pression est ensuite lentement abaissée sur le centre approximatif de l'échantillon d'essai de manière à ne pas se déplacer dans une autre direction que vers le bas.

L'échantillon d'essai doit être installé en aussi peu de temps que possible, mais sans dépasser 30 s. La chambre d'essai doit revenir à la température spécifiée (± 2 °C) dans les 5 min qui suivent et sans dépassement de température de plus de $+5$ °C.

Après application de l'appareillage de pression à la bille pendant 60 min $^{+2}_0$ min, l'échantillon d'essai doit être retiré et refroidi par immersion, dans les 10 s qui suivent, dans de l'eau à température ambiante (20 °C ± 5) °C pendant (6 ± 2) min.

Après le retrait de l'eau, le diamètre de l'empreinte provoquée par la bille de pression doit être mesuré.

La dimension à prendre en compte doit être la plus grande distance qui peut être mesurée sur l'empreinte entre deux bords clairement définis de l'empreinte.

La dimension doit exclure toutes les déformations vers le haut et ne doit pas dépasser 2,0 mm.

9.14 Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un dispositif POP complet conformément à l'IEC 60695-2-10 dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des dispositifs POP nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai réalisé à une température de (960 ± 15) °C;
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par l'essai réalisé à une température de (650 ± 10) °C.

NOTE Pour les besoins de cet essai, les bases des dispositifs POP pour montage en saillie sont considérées comme des parties extérieures.

Si des parties isolantes appartenant aux groupes ci-dessus sont composées du même matériau, l'essai est effectué sur l'une d'elles uniquement, 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 réalisé pour vérifier qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans les conditions d'essai 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 effectué sur trois échantillons.

Chaque essai est réalisé sur un échantillon séparé avec un point d'application du fil incandescent placé différemment.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement aux zones des bornes, à la chambre de coupure ou aux zones 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 en essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en usage normal (avec la surface à soumettre aux essais en position verticale).

Si une partie intérieure du matériau isolant a un impact sur l'essai avec un résultat négatif, il est admis de retirer la ou les parties intérieures identifiées du matériau isolant d'un nouvel échantillon. 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 l'intégralité de la partie en cours d'examen et de la soumettre à l'essai séparément conformément à l'Article 4 de l'IEC 60695-2-11:2014.

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent si:

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée; ou
- 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.

9.15 Essai des performances de sécurité des dispositifs POP en surcharge

Le dispositif POP est alimenté à la tension assignée jusqu'à sa stabilité thermique.

La tension d'alimentation est ensuite augmentée à 440 V (le dispositif POP se déclenche) et maintenue pendant 1 h. Ensuite, elle est diminuée de nouveau jusqu'à la tension assignée. Après l'essai, le dispositif POP doit fonctionner correctement conformément à l'essai de 9.9.2.

Si le dispositif POP, conformément aux instructions du fabricant, peut être assemblé et câblé avec le MPD de plusieurs manières (aux bornes de l'alimentation ou aux bornes de sortie des MPD, par exemple), l'essai doit être répété pour chaque configuration.

9.16 Vérification du comportement des dispositifs POP en cas de surintensités transitoires provoquées par des tensions de choc

9.16.1 Généralités

Les dispositifs POP classés selon 4.1.4 doivent être soumis à l'essai selon 9.16.2.

Les dispositifs POP classés selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3 sont soumis à l'essai selon l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas. Toutefois, il n'est pas nécessaire de procéder à des essais supplémentaires.

Pour les dispositifs POP selon 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3, dont le MPD est un disjoncteur, l'essai de 9.16.2 doit être réalisé.

9.16.2 Vérification du comportement aux courants de choc jusqu'à 3 000 A (essai de courant de choc de 8/20 µs)

9.16.2.1 Conditions d'essai

Le dispositif POP est soumis à l'essai à l'aide d'un générateur de courant capable de délivrer un courant de choc de 8/20 µs amorti (IEC 60060-2), comme représenté à la Figure 16. Un exemple de connexion de schéma de circuit du dispositif POP est donné à la Figure 17.

Un pôle du dispositif POP choisi de manière aléatoire doit être soumis à dix applications du courant de choc. La polarité de l'onde de courant de choc doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Le choc de courant doit être mesuré par des moyens appropriés, et ajusté à l'aide d'un dispositif POP supplémentaire de même type avec le même I_n , afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- valeur de crête: $3\,000\text{ A }^{+10}_{-0}\%$;
- temps de montée virtuel: $8\text{ µs } \pm 20\%$;
- temps virtuel à mi-hauteur: $20\text{ µs } \pm 20\%$;
- crête du courant inverse: moins de 30 % de la valeur de crête.

Il convient que le courant soit ajusté à la forme asymptotique du courant. Pour les essais sur d'autres échantillons du même type avec le même I_n , il convient que le courant inverse, le cas échéant, ne dépasse pas 30 % de la valeur de crête.

9.16.2.2 Résultats d'essai

Le dispositif POP peut se déclencher pendant l'essai. En cas de déclenchement, le dispositif POP doit être refermé.

Après les essais de courant de choc, le bon fonctionnement du dispositif POP est vérifié en répétant les essais de 9.9.2.

9.17 Vérification du vieillissement des composants électroniques

Le dispositif POP est placé pendant 168 h à une température ambiante de $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ et chargé avec le courant assigné. La tension sur les parties électroniques doit être égale à 1,1 fois la tension assignée.

Après cet essai, le dispositif POP dans l'enceinte est laissé à refroidir jusqu'à environ la température ambiante, sans appliquer de courant. Les parties électroniques ne doivent présenter aucun dommage.

Le fonctionnement du dispositif POP est vérifié en répétant l'essai de 9.9.2.

NOTE Un exemple de circuit d'essai de cette vérification est donné à la Figure 18.

9.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

9.18.1 Généralités

Les dispositifs POP doivent être soumis aux essais CEM selon l'IEC 61543 et en fonction des informations supplémentaires données en 9.18.2, 9.18.3 et 9.18.5.

9.18.2 Essais CEM couverts par d'autres articles/paragraphes du présent document

Les essais indiqués dans le Tableau 18 étant déjà couverts par d'autres articles/paragraphes du présent document, il n'y a pas lieu de les répéter.

Tableau 18 – Essais déjà couverts dans le présent document

Référence au Tableau 4 et au Tableau 5 de l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 et IEC 61543:1995/AMD2:2005	Phénomènes électromagnétiques	Essais du présent document
T 1.3	Variations d'amplitude de tension	9.9.2 et 9.15
T 1.4	Déséquilibre de tension	9.9.2.2 et 9.9.2.3
T 1.5	Variations de la fréquence industrielle	9.2
T 1.8	Champs magnétiques	9.11
T 2.4	Transitoires oscillatoires de courant	9.16

9.18.3 Essais CEM à réaliser

Les essais restants du Tableau 4, du Tableau 5 et du Tableau 6 de l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 et IEC 61543:1995/AMD2:2005 doivent être réalisés conformément à l'essai présenté en Annexe A du présent document. Les niveaux d'essai et critères de performances sont assurés selon le Tableau 19.

Tableau 19 – Essais à appliquer pour CEM

Référence au Tableau 5 et au Tableau 6 de l'IEC 61543:1995/AMD1: 2004 et IEC 61543:1995/AMD2: 2005	Phénomènes électromagnétiques	Référence de la norme de base pour la description de l'essai	Niveau d'essai et spécification d'essai	Critères de performances
T 1.1	Harmoniques, interharmoniques	Voir l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 – Tableau 4		
T 1.2	Tension de signalisation	Voir l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 – Tableau 4		
T 2.1	Tensions/courants sinusoïdaux conduits	IEC 61000-4-6 ^{e, f}	Niveau 2 0,15 MHz à 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Transitoires rapides (salve) mode commun	IEC 61000-4-4 ^b	Niveau 4, 4 kV (crête) T_r/T_h 5/50 ns Fréquence de répétition 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Tensions de choc	IEC 61000-4-5	T_r/T_h 1,2/50 µs 5 kV / 12 Ω (crête) ^a mode commun 4 kV / 2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B, C ^{g, h}
T 2.3b			T_r/T_h 1,2/50 µs 4 kV / 12 Ω (crête) ^a mode commun 2 kV / 2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B ^h
T 2.5	Champ électromagnétique rayonné	IEC 61000-4-3 ^{e, f}	Niveau 2 3 V/m	A
T 2.6 ⁱ	Perturbations conduites en mode commun dans la plage de fréquences inférieure à 150 kHz	IEC 61000-4-16	Niveau 3 ^j 1 kHz à 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz à 15 kHz: 1 V à 10 V 15 kHz à 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Décharges électrostatiques	IEC 61000-4-2 ^c	Niveau 3 8 kV air 6 kV contact	C ^k

- ^a Les essais réalisés avec des tensions inférieures à celles indiquées dans le Tableau 19 ne sont pas exigés (raison: l'IEC 61000-4-5:2014, Article 5 exige de procéder aux essais à chaque tension jusqu'au niveau choisi). Cet essai doit être réalisé sur le dispositif en position de fermeture. Les impulsions doivent être appliquées successivement:
- entre le support métallique et les parties destinées à être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la terre), le cas échéant, reliées entre elles et chaque conducteur sous tension successivement à une tension de choc de 5 kV, avec une impédance de 12 Ω ;
 - entre chaque phase et neutre, successivement, et entre chaque paire de pôles, successivement, à une tension de choc de 4 kV, avec une impédance de 2 Ω .
- ^b De plus, l'échantillon doit être monté comme en usage normal sur un support isolant plat à 10 cm du plan de masse.
- ^c L'essai est réalisé dans une seule phase sur un pôle de chaque échantillon prélevé de manière aléatoire. Trois nouveaux échantillons sont soumis à l'essai. Si un échantillon ne satisfait pas au critère en se déclenchant pendant l'essai, trois autres échantillons sont soumis à l'essai, lesquels doivent satisfaire au critère B.
- ^d vide
- ^e Avec l'accord du fabricant, l'essai T2.1 réalisé peut être étendu de 80 MHz à 230 MHz. Dans ce cas, l'essai T2.5 est à commencer à 230 MHz au lieu de 80 MHz.
- ^f L'absence de déclenchement (critère de performances A) doit être vérifiée par balayage de la plage de fréquences spécifiée. Pour les vérifications du déclenchement (critère de performances A), seuls cinq essais sont réalisés sur chaque échantillon à différentes fréquences choisies de manière aléatoire sur la plage de fréquences, différente d'un échantillon à l'autre, l'une d'elles étant toutefois de 450 MHz et l'autre de 900 MHz.
- ^g Les essais de T2.3b doivent être appliqués uniquement aux dispositifs POP ne satisfaisant pas au critère d'acceptation B lors des essais de T2.3a, auquel cas l'essai est répété aux niveaux de tension de choc spécifiés en T2.3b uniquement pour la ou les configurations au cours desquelles a eu lieu un déclenchement pendant les essais de T2.3a
- ^h L'essai doit être réalisé sur le dispositif en position de fermeture. Chaque échantillon est soumis à l'essai:
- 1) en premier lieu, dans le cadre d'un essai en mode différentiel: entre chaque chemin de courant de charge successivement et chaque autre chemin de courant de charge;
 - 2) en second lieu, dans le cadre d'un essai en mode commun: entre chaque chemin de courant de charge successivement et le support métallique et les parties destinées à être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la terre), le cas échéant, reliées entre elles.
- Dans chaque cas, l'échantillon est soumis à cinq impulsions positives sur les demi-cycles positifs, suivies de cinq impulsions négatives sur les demi-cycles négatifs.
- Toutes les impulsions doivent être appliquées successivement en un point aléatoire de l'onde selon une fréquence de répétition de 1 impulsion/min.
- Pour l'essai de T2.3a, conformément à la procédure ci-dessus, le nombre total d'impulsions s'élève à: Essai en mode différentiel: 10 impulsions; Essai en mode commun: 20 impulsions.
- Le dispositif POP est autorisé à se déclencher pendant les essais de T2.3 a) (critère d'acceptation C). Si le dispositif se déclenche pendant cet essai, il doit être refermé avant d'appliquer l'impulsion suivante.
- Pour l'essai T2.3b, le nombre total d'impulsions est identique à celui de T2.3 a), si applicable.
- ⁱ L'absence de déclenchement (critère de performances A) doit être vérifiée par balayage de la plage de fréquences spécifiée.
- Pour les vérifications du déclenchement (critère de performances A), seuls cinq essais sont réalisés sur chaque échantillon à différentes fréquences choisies de manière aléatoire sur la plage de fréquences et différentes d'un échantillon à l'autre.
- ^j L'essai est réalisé une seule fois à $1,1 U_n$ du dispositif POP en balayant la plage de fréquences entre 1 kHz et 150 kHz au taux indiqué en 6.1.3 de l'IEC 61000-4-16:2015. Le dispositif ne doit pas se déclencher.
- Les essais de déclenchement sont réalisés sur chaque échantillon à 5 valeurs de fréquences différentes choisies de manière aléatoire sur la plage de fréquences et différentes d'un échantillon à l'autre. Le dispositif doit se déclencher.
- ^k Trois nouveaux échantillons sont soumis à l'essai. Ces trois échantillons doivent satisfaire à l'essai.
- Le point auquel les décharges doivent être appliquées est choisi en explorant les surfaces accessibles du dispositif POP, installé comme en usage normal. Pendant l'exploration, le choix est celui de vingt décharges par seconde.
- Le point choisi est soumis à l'essai avec dix décharges de polarité positive et dix décharges de polarité négative selon un intervalle d'au moins 1 s entre les décharges successives.
- ^l Aux États-Unis, cet essai n'est pas applicable.

Pour les dispositifs contenant un oscillateur permanent, l'essai de la CISPR 14-1 doit être réalisé sur les échantillons avant les essais du Tableau 19.

9.18.4 Critères de performances des dispositifs POP

9.18.4.1 Généralités

Lorsque les dispositifs POP sont soumis à des essais CEM, les essais de 9.18.3 et les critères de performances du Tableau 19 doivent être appliqués.

9.18.4.2 Critère A

Pendant l'essai faisant référence à ce critère de performances, le dispositif POP doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à une tension de 255 V (phase-neutre) et doit se déclencher à une tension de 275 V (phase-neutre) dans la durée spécifiée dans le Tableau 1 dans la condition d'essai de 9.9.2.2.

9.18.4.3 Critère B

Pendant l'essai faisant référence à ce critère de performances, le dispositif POP doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à une tension de 255 V (phase-neutre). Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2, à une tension de 275 V (phase-neutre) uniquement, doit être vérifiée.

9.18.4.4 Critère C

Pendant l'essai faisant référence à ce critère de performances, le dispositif POP est alimenté à une tension de 255 V (phase-neutre) et peut se déclencher. Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2, à une tension de 275 V (phase-neutre) uniquement, doit être vérifiée.

9.18.5 Essais d'émission

Des essais d'émission sont exigés uniquement pour les dispositifs POP contenant un oscillateur permanent.

En règle générale, les dispositifs POP autres que ceux contenant un oscillateur permanent ne génèrent pas de perturbations continues ou transitoires, sauf pendant leur processus de commutation. La fréquence, le niveau et les conséquences de ce type d'émissions sont considérés comme faisant partie intégrante de l'environnement électromagnétique normal des installations basse tension.

Les exigences en matière d'émission sont données dans le Tableau 20.

Tableau 20 – Conditions d'essai d'émission

Référence	Phénomènes électromagnétiques	Référence de la norme de base pour la description de l'essai	Plage de fréquences	Limites
T 10.1	Perturbations conduites aux bornes d'alimentation	CISPR 32, Classe B ou CISPR 14-1 ^a	0,15 MHz à 0,5 MHz Les limites diminuent de manière linéaire avec le logarithme de la fréquence	66 dB (µV) à 56 dB (µV) quasi-crête 56 dB (µV) à 46 dB (µV) moyenne
			0,5 MHz à 5 MHz	56 dB (µV) quasi-crête 46 dB (µV) moyenne
			5 MHz à 30 MHz	60 dB (µV) quasi-crête 50 dB (µV) moyenne
T 10.2	Perturbations rayonnées	CISPR 32, Classe B ^b	30 MHz à 230 MHz	30 dB (µV/m) à 10 m
			230 MHz à 1 000 MHz	37 dB (µV/m) à 10 m

^a La CISPR 14-1 et la CISPR 32 spécifient les mêmes exigences d'essai pour les perturbations conduites.

^b Même si l'IEC 61543 cite la CISPR 14-1 en référence, le domaine d'application de la CISPR 32 est considéré comme étant plus approprié pour couvrir les dispositifs POP. Elle est donc citée en référence dans la norme générique IEC 61000-6-3 comme étant la norme de base applicable.

9.19 Essais des lignes de fuite et des distances d'isolement des circuits électroniques (conditions anormales)

9.19.1 Généralités

Ces essais remplacent les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement des circuits électroniques connectés entre les parties sous tension (phases et neutre) et/ou entre les parties sous tension et le circuit de terre.

Un dispositif POP ne doit pas provoquer de dangers d'incendie et/ou de choc dans les conditions anormales susceptibles de se produire en service.

Les conditions dans lesquelles un composant est utilisé dans un dispositif POP doivent être conformes aux caractéristiques de fonctionnement indiquées sur le composant et/ou dans les données fournies par le fabricant.

9.19.2 Conditions anormales

Si des dispositifs POP sont exposés à des conditions anormales, aucune partie ne doit atteindre des températures susceptibles d'être à l'origine de déclencher un incendie aux abords du dispositif POP, et aucune partie sous tension ne doit devenir accessible.

La conformité est vérifiée en soumettant le dispositif POP à un essai d'échauffement dans les conditions de défaut (voir 9.19.3).

9.19.3 Procédure d'essai

Sauf spécification contraire, les essais sont réalisés sur des dispositifs POP connectés et chargés comme en usage normal.

L'examen du dispositif POP et de son schéma de circuit présente les conditions de défaut qui doivent être appliquées.

En règle générale, un échantillon séparé est soumis pour chaque condition de défaut à soumettre à l'essai.