

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Portable residual current devices (PRCDs) without integral overcurrent protection for household and similar use

Dispositifs différentiels portables à courant résiduel (PCDM) sans protection incorporée contre les surintensités pour usages domestiques et analogues

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Secretariat
3, rue de Varembé
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Portable residual current devices (PRCDs) without integral overcurrent protection for household and similar use

Dispositifs différentiels portables à courant résiduel (PCDM) sans protection incorporée contre les surintensités pour usages domestiques et analogues

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.01

ISBN 978-2-8322-7185-8

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.....	10
INTRODUCTION.....	12
1 Scope.....	13
2 Normative references	14
3 Terms and definitions, symbols and abbreviated terms	15
3.1 Definitions relating to plugs and socket-outlets	15
3.2 Definitions relating to residual current devices (RCDs).....	16
3.2.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth	16
3.2.2 Definitions relating to the energization of a residual current device (RCD)	17
3.2.3 Definitions relating to the operation and to the functions of a residual current device.....	17
3.2.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities	18
4 Classification.....	18
4.1 According to the type of connection	18
4.1.1 PRCD intermediate adaptor	18
4.1.2 Non-rewireable residual current-protected cord extension sets	19
4.1.3 Residual current-protected plugs	19
4.1.4 In-line PRCDs.....	19
4.2 According to the type of terminals.....	19
4.3 According to behaviour after opening automatically in case of failure of the line voltage	19
4.4 According to their operating characteristics and behaviour in presence of DC components	19
4.5 According to the ambient air temperature.....	20
4.5.1 For use between –5 °C and +40 °C.....	20
4.5.2 For use between –25 °C and +40 °C.....	20
4.6 Classification according to the protective conductor path	20
4.6.1 PRCDs with switched protective conductor	20
4.6.2 PRCDs with non-switched protective conductor	20
4.7 According to the supply.....	20
4.7.1 PRCDs supplied from one phase and neutral (LNSE or LNE).....	20
4.7.2 PRCDs supplied from two phases (LLSE or LLE).....	20
4.8 According to an additional function of detecting faults on the supply side.....	20
4.8.1 PRCDs not providing an additional function of detecting faults on the supply side	20
4.8.2 PRCDs providing an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring (PRCD-S)	20
5 Characteristics of PRCDs	20
5.1 Summary of characteristics	20
5.2 Rated quantities and other characteristics.....	21
5.2.1 Rated voltage	21
5.2.2 Rated current (I_n)	21
5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	21
5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	21
5.2.5 Rated frequency	21

5.2.6	Rated making and breaking capacity (I_m)	22
5.2.7	Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	22
5.2.8	Operating characteristics in case of residual currents comprising a DC component.....	22
5.3	Standard and preferred values	22
5.3.1	Preferred values of rated operational voltage (U_e).....	22
5.3.2	Standard values of rated current (I_n)	22
5.3.3	Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	23
5.3.4	Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	23
5.3.5	Standard minimum value of the non-operating overcurrent through the PRCD	23
5.3.6	Preferred values of rated frequency	23
5.3.7	Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m).....	23
5.3.8	Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	23
5.3.9	Standard value of the rated conditional short-circuit current (I_{nc})	24
5.3.10	Standard value of the rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)	24
5.3.11	Standard values of maximum break time.....	24
5.4	Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)	24
5.4.1	General	24
5.4.2	Rated conditional short-circuit current (I_{nc})	24
5.4.3	Rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$).....	24
6	Marking and other product information	24
6.1	Information and marking for PRCDs	24
6.2	Information to be provided in an instruction sheet	27
7	Standard conditions for operation in service and for installation.....	27
7.1	Standard conditions	27
7.2	Conditions for installations	28
7.3	Pollution degree.....	28
8	Requirements for construction and operation	28
8.1	Mechanical design	28
8.1.1	General	28
8.1.2	Plug part, socket-outlet parts and RCD part(s).....	29
8.1.3	Mechanism	34
8.1.4	Clearances and creepage distances (see Annex C)	35
8.1.5	Screws, current-carrying parts and connections	37
8.1.6	Terminals for external conductors for rewirable PRCDs	37
8.1.7	Terminations for non-rewirable PRCDs	39
8.1.8	Current-carrying parts.....	39
8.2	Protection against electric shock.....	40
8.2.1	General	40
8.2.2	Requirements relating to plugs and socket-outlets, whether incorporated or not in integral items.....	40
8.3	Dielectric properties	42
8.4	Temperature rise	42
8.4.1	Temperature rise limits	42

8.4.2	Ambient air temperature	42
8.5	Operating characteristic	42
8.6	Mechanical and electrical endurance	42
8.7	Performance at short-circuit currents	43
8.8	Resistance to mechanical shock and impact	43
8.9	Resistance to heat	43
8.10	Resistance to abnormal heat and to fire	43
8.11	Test device	43
8.11.1	General	43
8.11.2	Test function	43
8.12	Behaviour of PRCDs in case of failure of line voltage	44
8.13	Behaviour of PRCDs in case of overcurrent in the main circuit	44
8.14	Resistance of PRCDs against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages	44
8.15	Behaviour of PRCDs in case of an earth fault current comprising a DC component	44
8.16	Reliability	44
8.17	Resistance to tracking	44
8.18	Electromagnetic compatibility (EMC)	44
8.19	Standing current in the protective conductor	45
8.20	Electrical performance	45
8.20.1	Protective conductor path	45
8.20.2	Contact mechanism	45
8.20.3	Operation with supply failure and hazardous live protective conductor conditions	46
8.20.4	Behaviour of PRCDs in case of external fault current in the protective conductor	46
9	Test	46
9.1	General	46
9.1.1	Characteristics of PRCDs checked by means of type tests	46
9.1.2	For certification purposes, type tests to be carried out in test sequences	47
9.1.3	Routine tests	48
9.2	Test conditions	48
9.3	Test of indelibility of marking	48
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	49
9.5	Test of reliability of terminals for external conductors	50
9.6	Verification of protection against electric shock	51
9.6.1	Test with conductors of the smallest and largest cross-sections	51
9.6.2	Test with plug completely withdrawn	52
9.6.3	Test with engagement surface in horizontal position	52
9.6.4	Verification of the resistance between the earthing terminal and the accessible metal part	52
9.6.5	Verification of the isolation between the earthing terminal and the accessible metal part	52
9.6.6	Stray wire test for rewirable PRCDs	52
9.6.7	Stray wire verification for non-rewirable PRCDs	53
9.6.8	Verification of high electrical resistance of the conductive operating means	53
9.7	Test of dielectric properties	53
9.7.1	Resistance to humidity	53

9.7.2	Insulation resistance of the main circuit	54
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit	54
9.7.4	Secondary circuit of detection transformers	55
9.7.5	Verification of impulse withstand voltages	55
9.8	Temperature-rise test	58
9.8.1	Test conditions	58
9.8.2	Ambient air temperature	58
9.8.3	Test procedure	59
9.8.4	Measurement of the temperature-rise of different parts	59
9.8.5	Temperature-rise of a part	59
9.9	Verification of the operating characteristic	59
9.9.1	Test circuit	59
9.9.2	Off-load tests with residual sinusoidal alternating currents at the reference temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$	59
9.9.3	Verification of the correct operation with load at the reference temperature	60
9.9.4	Tests at the temperature limits	61
9.9.5	Additional tests for PRCDs classified according to 4.8.2	61
9.9.6	Verification of protective conductor contact behaviour	64
9.9.7	Verification of behaviour in case of external fault current in the protective conductor	64
9.9.8	Verification of standing current in the protective conductor	65
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance	65
9.10.1	Normal operation of socket-outlets and plugs of the PRCD	65
9.10.2	Test of the RCD part of the PRCD	66
9.11	Verification of the behaviour of the PRCD under overcurrent conditions	67
9.11.1	List of the overcurrent tests	67
9.11.2	Short-circuit tests	67
9.11.3	Verification of the making and breaking capacity of the plug and socket-outlet(s) of the PRCD, separate or incorporated in integral items	72
9.12	Verification of resistance to mechanical shock and impact	72
9.12.1	General	72
9.13	Test of resistance to heat	75
9.14	Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire	76
9.14.1	General	76
9.14.2	Glow-wire test	76
9.15	Verification of the trip-free mechanism	77
9.15.1	General test conditions	77
9.15.2	Test procedure	77
9.16	Verification of the test device	77
9.16.1	Verification of the operation of the test device to disconnect the load	77
9.16.2	Verification of the ampere-turns	77
9.17	Verification of the behaviour of PRCDs in case of failure of the line voltage	77
9.17.1	Determination of the limiting value of the line voltage (U_X)	77
9.17.2	Verification of the behaviour in case of failure of the line voltage	78
9.17.3	Verification of the re-closing of PRCDs classified according to 4.3.2 at restoration of the line voltage after automatic opening on failure of the line voltage	79
9.18	Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	79

9.19	Verification of resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages for PRCDs of $I_{\Delta n} \geq 0,010$ A	79
9.20	Verification of the correct operation with residual currents having a DC component for PRCDs according to 4.4.2.....	79
9.20.1	General	79
9.20.2	Verification of the correct operation in case of a continuous rise of a residual pulsating direct current.....	79
9.20.3	Verification of the correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents	80
9.20.4	Verification at the reference temperature of the correct operation with load	80
9.20.5	Verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current of 0,006 A	80
9.21	Verification of reliability	81
9.21.1	Climatic test.....	81
9.21.2	Test with temperature of 40 °C	82
9.22	Verification of ageing	83
9.23	Resistance to tracking.....	84
9.24	Test on pins provided with insulating sleeves.....	84
9.25	Test of mechanical strength of non-solid pins of plugs and portable socket-outlets.....	84
9.26	Verification of the effects of strain on the conductors	84
9.27	Checking of the torque exerted by plug-in PRCDs on fixed socket-outlets	85
9.28	Tests of the cord anchorage.....	85
9.29	Flexing test of non-rewireable PRCDs.....	86
9.30	Verification of the electromagnetic compatibility (EMC).....	87
9.31	Tests replacing verifications of creepage distances and clearances for electronic circuits connected between live conductors (phases and neutral) and/or between live conductors and the earth circuit when the contacts are in the closed position	87
9.31.1	PRCDs shall not create fire and/or shock hazards under abnormal conditions likely to occur in service.....	87
9.31.2	When PRCDs are exposed to abnormal conditions, no part shall reach temperatures likely to cause danger of fire to the surroundings of the PRCDs and no live parts shall become accessible.....	87
9.31.3	Unless otherwise specified, the tests are made on PRCDs while they are mounted, connected and loaded as specified in 9.8.....	88
9.32	Requirements for capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits connected between live conductors (phases and neutral) and/or between live conductors and the earth circuit when the contacts are in the closed position	90
9.32.1	Capacitors	90
9.32.2	Resistors and inductors	90
9.33	Verification of the behaviour of the PRCD under temporary over voltage (TOV) conditions.....	90
9.33.1	General	90
9.33.2	Test for all PRCDs.....	90
9.33.3	Verification after the tests	91
Annex A (normative) Test sequences and number of samples to be submitted for verification of conformity to this document		119
A.1	Verification of conformity	119
A.2	Test sequences	119
A.3	Number of samples to be submitted for full test procedure	121

A.4	Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of PRCDs of the same fundamental design.....	121
Annex B	(normative) Routine tests.....	126
B.1	General.....	126
B.2	Tripping test.....	126
B.3	Dielectric strength test.....	126
B.4	Performance of the test device.....	126
B.5	Stray wire test.....	126
B.6	Correct continuity test.....	127
Annex C	(normative) Determination of clearances and creepage distances.....	128
C.1	General.....	128
C.2	Orientation and location of a creepage distance.....	128
C.3	Creepage distances where more than one material is used.....	128
C.4	Creepage distances split by floating conductive part.....	128
C.5	Measurement of creepage distances and clearances.....	128
Annex D	(normative) List of tests, additional test sequences and numbers of samples for verification of compliance of PRCDs with the requirements of electromagnetic compatibility (EMC).....	132
D.1	General.....	132
D.2	EMC tests already included in the product standard.....	132
D.3	Additional tests of IEC 61543 to be applied.....	132
Annex E	(informative) Application of PRCD according to 4.8.2 (PRCD-S).....	134
E.1	Explanation of switched protective conductor function and application.....	134
E.2	Examples of incorrect supply wiring.....	135
Annex F	(informative) Examples of terminal designs.....	138
Annex G	(informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors.....	141
Annex H	(informative) Methods for determination of short-circuit power-factor.....	142
Bibliography		143
Figure 1	– Examples of types of connection classified according to 4.1.....	92
Figure 2	– Standard test wire 1,0 mm.....	93
Figure 3	– Gauge for checking non-accessibility of live parts through shutters and of live parts of socket-outlets with increased protection.....	94
Figure 4	– Test circuit for the verification of the correct operation of PRCDs, in the case of residual pulsating direct currents.....	95
Figure 5	– Test circuit for the verification of the correct operation of PRCDs, in the case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current.....	96
Figure 6	– Verification of behaviour in case of external fault current in the protective conductor.....	97
Figure 7	– Test circuit for the verification of the rated making and breaking capacity and of the coordination.....	98
Figure 8	– Tumbling barrel.....	99
Figure 9	– Arrangement for compression test.....	99
Figure 10	– Ball-pressure test apparatus.....	100
Figure 11	– Arrangement and dimensions of the electrodes for the tracking test.....	100
Figure 12	– Apparatus for testing the cord retention.....	101
Figure 13	– Apparatus for flexing test.....	102

Figure 14 – Arrangement for mechanical strength test on PRCDs provided with cords (9.12.6).....	103
Figure 15 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the PRCD (9.11.2.1 a)).....	104
Figure 16 – Stabilizing period for reliability test (9.21.1.4).....	105
Figure 17 – Reliability test cycle (9.21.1.4)	106
Figure 18 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.22).....	107
Figure 19 – Current ring wave 0,5 μ s/100 kHz	107
Figure 20 – Example of test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping	108
Figure 21 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of voltage.....	109
Figure 22 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage	110
Figure 23 – Test cycle for low temperature test (9.9.4).....	111
Figure 24 – Test circuit for the verification of operating characteristic (9.9), endurance test (9.10), trip-free mechanism (9.15) and behaviour in case of failure of line voltage (9.17).....	112
Figure 25 – Test circuit for the verification of PRCD when plugged into incompatible supply systems (9.9.5.4)	113
Figure 26 – Verification of correct operation for hazardous live PE (see Table 15)	114
Figure 27 – Verification of open neutral for LNSE types, and open line for LLSE types	115
Figure 28 – Verification of a standing current in the protective conductor in normal service (9.9.8).....	116
Figure 29 – Verification of open protective conductor (see 9.9.5.5)	117
Figure 30 – Standard test finger.....	118
Figure C.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances.....	131
Figure E.1 – Examples of incorrect supply wirings for LLSE types.....	136
Figure E.2 – Examples of incorrect supply wirings for LNSE types	137
Figure F.1 – Examples of pillar terminals	138
Figure F.2 – Examples of screw terminals and stud terminals	139
Figure F.3 – Examples of saddle terminals.....	140
Figure F.4 – Examples of lug terminals	140
Table 1 – Standard values of rated current and corresponding preferred values of rated operational voltages.....	23
Table 2 – Standard values of maximum break time for AC residual currents	24
Table 3 – Marking or information item	25
Table 4 – Standard conditions for operation in service	27
Table 5 – Minimum cross-sectional area of flexible cable or cord suitable for non-rewireable plugs and non-rewireable socket-outlets of PRCDs.....	33
Table 6 – Clearances and creepage distances	36
Table 7 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals.....	38
Table 8 – Degree of protection of PRCD parts	41
Table 9 – Temperature-rise values.....	42

Table 10 – List of type tests	47
Table 11 – Cross-sectional area for test conductors.....	48
Table 12 – Screw thread diameters and applied torques	49
Table 13 – Conductor composition	51
Table 14 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	57
Table 15 – Supply failure and hazardous live protective conductor (PE) connections for test with reference to correct supply connections for LNSE and LLSE types	62
Table 16 – Tests to verify the behaviour of PRCDs under overcurrent conditions	67
Table 17 – List of tests of resistance to mechanical shock and impact	73
Table 18 – Torque applied to the spanner for the test of 9.12.3.....	74
Table 19 – Tripping current ranges for PRCDs in case of pulsating DC current	80
Table 20 – Make-up of cables suitable for the retention test of rewirable PRCDs	85
Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions	89
Table A.1 – Test sequences.....	120
Table A.2 – Number of samples to be submitted for full test procedure.....	121
Table A.3 – Reduction of number of samples	123
Table A.4 – Reduction of additional test sequences	124
Table A.5 – Reduction of additional test sequences	125
Table D.1 – EMC test.....	132
Table D.2 – Additional tests	133

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PORTABLE RESIDUAL CURRENT DEVICES (PRCDS) WITHOUT INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USE

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.

IEC 61540 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997 and its Amendment 1:1998. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The content of the document was revised and aligned with IEC 60755 (group safety publication for residual current devices) and standard library "blocks and modules".
- b) Introduction of classification "4.3 According to behaviour after opening automatically in case of failure of the line voltage".

- c) New requirements and tests were added to cover the introduced protection function against shock hazard:
 - Verification of correct performance in the case of missing protective conductor.
 - Verification of correct performance in the case of hazardous live protective conductor.
 - Verification of correct performance in the case of loss of protective conductor.
 - Verification of behaviour in the case of external fault current in the protective conductor.
- d) Clearances/creepage distances revised and modified in alignment with IEC 62752 (IC-CPD).
- e) Revision of values for minimum operating voltages.
- f) Introduction of requirements and test for ambient air temperature between –25 °C and +40 °C.
- g) Test of dielectric properties revised and aligned with standard library "blocks and modules".
- h) Relevant clauses aligned with IEC 62752 (IC-CPD); IC-CPD is a product standard describing similar product/features.
- i) All annexes revised and adapted to content of main document.

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

Draft	Report on voting
23E/1320/FDIS	23E/1323/RVD

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

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

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

In this document, the following print types are used:

- requirements: in roman type;
- *conformity statements: in italic type;*
- notes: in small roman type.

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

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

INTRODUCTION

A portable residual current device (hereafter referred to as PRCD), consists of a plug, a residual current device (RCD) and one or more socket-outlets or a provision for connection.

This document is harmonized as far as practicable with the rules and requirements of IEC 60755 (group safety publication for RCD) and the standard library "blocks and modules", as defined in IEC 62873-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

PORTABLE RESIDUAL CURRENT DEVICES (PRCDs) WITHOUT INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USE

1 Scope

This document applies to portable residual current devices (PRCDs) for household and similar uses, consisting of a plug, a residual current device (RCD) and one or more socket-outlets or a provision for connection. They do not incorporate overcurrent protection. They are intended for single- and two-phase systems for rated currents not exceeding 16 A for rated voltages not exceeding 250 V AC, or for rated current not exceeding 32 A for rated voltages not exceeding 130 V AC to earth. They are intended to provide protection against shock hazard in case of direct contact, in addition to the protection provided by the fixed installations for the circuit downstream.

PRCDs have a rated residual operating current not exceeding 0,03 A.

The plug and socket-outlet parts of a PRCD are covered by the national standard of the country where the PRCD is placed on the market. If no national requirements exist, IEC 60884-1 is used.

This document applies to portable devices performing simultaneously the functions of detection of the residual current, of comparison of the value of this current with the residual operating value and of opening of the protected circuit when the residual current exceeds this value.

PRCDs providing an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring (PRCD-S) are also covered by this document.

PRCDs are not intended to be used as parts of fixed installations. Their connecting means can be plugs, socket-outlets, terminals or cords.

NOTE 1 The requirements for PRCDs are in compliance with the general requirements of IEC 60755. PRCDs are essentially intended to be operated by ordinary persons and designed not to require maintenance.

NOTE 2 An integral fuse is used, if necessary, for the relevant plug and socket-outlet system.

The switching contacts of the PRCDs are not intended to provide isolation, as isolation can be ensured by disconnecting the plug.

The requirements of this document apply for environmental conditions as defined in 7.1. Additional requirements can be necessary for PRCDs used in locations having more severe environmental conditions.

PRCDs including batteries are not covered by this document.

This document does not contain additional requirements for PRCDs without earthing contacts for which specific requirements can apply. This document can, however, be used as a guide for such devices which are intended to be used with Class II appliances only.

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, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

IEC 60068-3-4, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

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

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

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

IEC 60245 (all parts), *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V*

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

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

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

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 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply 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, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end products (GWEPT)*

IEC 60755, *General safety requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60884-1:2022, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

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

IEC 61543:2022, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

IEC 62752, *In-cable control and protection device for mode 2 charging of electric road vehicles (IC-CPD)*

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

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

3 Terms and definitions, symbols and abbreviated terms

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

NOTE 1 Where the terms "voltage" and "current" are used, they imply RMS values, unless otherwise specified.

NOTE 2 Throughout this document, the word "PRCD" is used for "RCD".

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

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

3.1 Definitions relating to plugs and socket-outlets

3.1.1

plug

accessory having pins designed to engage with the contacts of a socket-outlet, also incorporating means for the electrical connection and mechanical retention of flexible cables or cords

3.1.2

socket-outlet

accessory having socket-contacts designed to engage with the pins of a plug and having terminals for the connection of conductors

3.1.3

portable socket-outlet

socket-outlet intended to be connected to, or integral with, flexible cables or cords, and which can easily be moved from one place to another while connected to the supply

3.1.4

multiple socket-outlets, pl

combination of two or more socket-outlets

3.1.5

rewireable plug

accessory so constructed that the flexible cable or cord can be replaced

3.1.6

non-rewireable plug

non-rewireable portable socket-outlet

accessory so constructed that it forms a complete unit with the flexible cable or cord after connection and assembly by the manufacturer of the accessory

Note 1 to entry: See also 14.1 of IEC 60884-1:2022.

3.1.7

moulded-on accessory

non-rewireable accessory, the manufacture of which is completed by insulating material moulded around pre-assembled component parts and the terminations of the flexible cable or cord

3.1.8

cord extension set

assembly consisting of a flexible cable or cord fitted with a non-rewireable plug and a non-rewireable portable socket-outlet

3.1.9

terminal

insulated or non-insulated connecting device serving for reusable connection of the supply conductors

3.1.10

termination

insulated or non-insulated connecting device serving for non-reusable connection of the supply conductors

3.1.11

adaptor

accessory constructed as an integral unit incorporating both plug pins and socket contacts

3.1.12

intermediate adaptor

adaptor which allows the connection of one or more plugs to a socket-outlet via a control device such as a dimmer, clock switch, photoelectric switch, residual current device, etc., which is connected to it by a flexible cord

3.2 Definitions relating to residual current devices (RCDs)

3.2.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth

3.2.1.1

hazardous situation

shock hazard situation occurring when an earth fault current higher than $I_{\Delta n}$ (see 5.2.3) flows through the RCD for a time longer than that specified in Table 2

3.2.1.2

supply failure

situation occurring in the event of

- broken neutral;
- broken phase in the case of systems supplied between phases;
- broken protective earth (PE)

3.2.2 Definitions relating to the energization of a residual current device (RCD)

3.2.2.1

limiting impedance value

R_x

maximum impedance value between the PE-connection of the PRCD and the supply source for which protection is ensured when the PRCD is supplied from any one phase only and PE

3.2.2.2

PRCD type LNSE

type LNSE

device with a switched protective conductor that is used on a line (phase) to neutral supply (L, N, PE)

Note 1 to entry: See Annex E for example.

3.2.2.3

PRCD type LLSE

type LLSE

device with a switched protective conductor that is used on a line (phase) to line (phase) supply (L1, L2, PE)

Note 1 to entry: See Annex E for example.

3.2.2.4

PRCD type LNE

type LNE

device with a non-switched protective conductor that is used on a line (phase) to neutral supply (L, N, PE)

3.2.2.5

PRCD type LLE

type LLE

device with a non-switched protective conductor that is used on a line (phase) to line (phase) supply (L1, L2, PE)

3.2.2.6

protective conductor

PE

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

3.2.2.7

hazardous live protective conductor

miswiring or fault condition where the protective contact of the socket outlet becomes live and, under certain conditions, can give a harmful electric shock

3.2.3 Definitions relating to the operation and to the functions of a residual current device

3.2.3.1

t_u

value of time of interruption of the line voltage supply below which a PRCD does not open automatically in the absence of a residual current (see 9.17.2)

3.2.3.2 trip-free PRCD

PRCD, the moving contacts of which return to and remain in the open position when the automatic opening operation is initiated after the initiation of the closing operation, even if the closing command is maintained

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

3.2.3.3 break-time

<of a PRCD> time which elapses between the instant when the residual operating current is suddenly attained and the instant of arc extinction in all poles

3.2.3.4 PRCD-S

PRCDs providing an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring

3.2.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities

3.2.4.1 rated value

quantity value assigned by the manufacturer for a specific operating condition of a PRCD

[SOURCE: IEC 62873-2:2016, 3.4.1, modified – In the definition, "generally" deleted, "specified" replaced with "specific" and "RCD" replaced with "PRCD".]

3.2.4.2 non-operating overcurrent

<in the main circuit> maximum value of overcurrent of a single-phase load which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through a two-pole PRCD without causing it to operate

Note 1 to entry: In the case of overcurrent in the main circuit, in the absence of residual current, operation of the detecting device may occur as a consequence of asymmetry existing in the detecting device itself.

3.2.4.3 Definitions relating to limiting values (U_x and U_y) of the line voltage for PRCDs functionally dependent on line voltage

3.2.4.3.1 U_x

minimum value of the line voltage at which a PRCD still operates under specified conditions in case of decreasing line voltage (see 9.17.1)

3.2.4.3.2 U_y

minimum value of the line voltage below which a PRCD opens automatically in the absence of any residual current (see 9.17.2)

4 Classification

4.1 According to the type of connection

NOTE See Figure 1.

4.1.1 PRCD intermediate adaptor

PRCD incorporating one plug and one or two socket-outlets.

4.1.2 Non-rewireable residual current-protected cord extension sets

4.1.2.1 PRCD the RCD portion of which incorporates the plug at one end and a cord with one or more socket-outlets at the other end.

4.1.2.2 PRCD the RCD portion of which is equipped, on one side, with a cord and plug, and, on the other side, with a cord and one or more socket-outlets.

4.1.2.3 PRCD the RCD portion of which incorporates one or more socket-outlets at one end and a cord with one non-rewireable plug at the other end.

4.1.3 Residual current-protected plugs

4.1.3.1 PRCD incorporating one plug and a set of terminals.

4.1.3.2 Residual current-protected plug for appliances: PRCD incorporating the plug and equipped with a non-rewireable cord.

4.1.4 In-line PRCDs

4.1.4.1 PRCD equipped, on the supply side, with one non-rewireable cord and one non-rewireable plug and, on the output side, with a set of terminals.

4.1.4.2 PRCD equipped, on the supply side, with one non-rewireable cord and one non-rewireable plug, and, on the output side, with one non-rewireable cord.

4.1.4.3 PRCD, the RCD portion of which is equipped on both sides with terminals or integral non-rewireable cords and intended for being incorporated in equipment by the manufacturers of such equipment with specific measures for the safety of the user.

4.2 According to the type of terminals

PRCDs with screw-type terminals for external copper conductors.

4.3 According to behaviour after opening automatically in case of failure of the line voltage

4.3.1 PRCDs not re-closing automatically when the line voltage is restored.

4.3.2 PRCDs re-closing automatically when the line voltage is restored.

4.4 According to their operating characteristics and behaviour in presence of DC components

4.4.1 PRCDs of type AC.

NOTE In the following countries type AC PRCDs are not permitted: DE, UK, IE.

4.4.2 PRCDs of type A.

4.5 According to the ambient air temperature

4.5.1 For use between –5 °C and +40 °C

4.5.2 For use between –25 °C and +40 °C

4.6 Classification according to the protective conductor path

4.6.1 PRCDs with switched protective conductor

This classification covers PRCDs which have a switched protective conductor.

4.6.2 PRCDs with non-switched protective conductor

This classification covers PRCDs which do not have a switched protective conductor.

4.7 According to the supply

4.7.1 PRCDs supplied from one phase and neutral (LNSE or LNE)

PRCDs according to this classification are supplied from one phase and neutral.

4.7.2 PRCDs supplied from two phases (LLSE or LLE)

PRCDs according to this classification are supplied from two phases.

4.8 According an additional function of detecting faults on the supply side

4.8.1 PRCDs not providing an additional function of detecting faults on the supply side

PRCDs according to this classification are not providing an additional function of detecting faults on the supply side.

4.8.2 PRCDs providing an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring (PRCD-S)

PRCDs according to this classification are providing an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring.

A PRCD classified according to 4.8.2 shall have a switched protective conductor.

5 Characteristics of PRCDs

5.1 Summary of characteristics

PRCDs are intended for single- and two-phase systems and they shall be provided with an earthing path.

The characteristics of a PRCD shall be stated in the following terms:

- type of connection and applications;
- type of plug and socket-outlet system to which it belongs;
- degree of protection according to IEC 60529;
- rated operational voltage U_e (see 5.2.1.1);
- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated residual operating current $I_{\Delta n}$ (see 5.2.3);

- rated residual non-operating current $I_{\Delta no}$ (see 5.2.4);
- rated frequency (see 5.2.5);
- rated making and breaking capacity I_m (see 5.2.6);
- rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$ (see 5.2.7);
- operating characteristics in case of residual currents comprising a DC component (see 5.2.8);
- rated conditional short-circuit current I_{nc} (see 5.4.2);
- rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$ (see 5.4.3).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_e)

The rated operational voltage of a PRCD is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

NOTE The same PRCD can be assigned more than one rated operational voltage.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of a PRCD 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 voltage of the PRCD. In no case shall the maximum voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.2 Rated current (I_n)

A current assigned by the manufacturer as the current which the PRCD can carry in uninterrupted duty (see IEC 62873-2), at a specified reference ambient air temperature.

5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

The value of residual operating current (see IEC 62873-2), assigned to the PRCD by the manufacturer, at which the PRCD shall operate under specified conditions.

For a PRCD having multiple settings of residual operating current, the highest setting is used to designate it.

5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The value of residual non-operating current (see IEC 62873-2), assigned to the PRCD by the manufacturer, at which the PRCD does not operate under specified conditions.

5.2.5 Rated frequency

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

NOTE The same PRCD can be assigned more than one rated frequency.

5.2.6 Rated making and breaking capacity (I_m)

The RMS value of the AC component of prospective current, assigned by the manufacturer, which a PRCD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.11.2.2.

5.2.7 Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The RMS value of the AC component of residual prospective current, assigned by the manufacturer, which a PRCD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.11.2.3.

5.2.8 Operating characteristics in case of residual currents comprising a DC component

5.2.8.1 PRCD type AC

A PRCD for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.8.2 PRCD type A

A PRCD for which tripping is ensured:

- as for type AC,
- for residual pulsating direct currents, and
- for residual pulsating direct currents superimposed on a smooth direct current of 0,006 A, with or without phase-angle control, independent of polarity, whether suddenly applied or slowly rising.

NOTE 1 According to IEC 61140, pluggable electrical equipment with a rated input ≤ 4 kVA is designed to have protective conductor current with a smooth superimposed DC current component limited to 6 mA.

NOTE 2 Operation in case of alternating current superimposed with smooth DC residual current is assumed to be covered by the test of pulsating DC superimposed with smooth DC residual current.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated operational voltage (U_e)

Preferred values of rated operational voltage are 230 V and 120 V.

NOTE 240 V is provisionally also a preferred value, in addition to 230 V.

5.3.2 Standard values of rated current (I_n)

The standard values of the rated current are indicated in Table 1.

Table 1 – Standard values of rated current and corresponding preferred values of rated operational voltages

Type	Rated operational voltage V	Rated current A
PRCDs supplied from one phase and neutral (LNSE or LNE) PRCDs supplied from two phases (LLSE or LLE)	230	6,10,13,16
PRCDs supplied from one phase and neutral (LNSE or LNE) PRCDs supplied from two phases (LLSE or LLE)	120	10, 13, 15, 20, 30, 32

The rated operational voltage of the PRCD shall not be lower than that of the plug. The rated current of the socket-outlet(s) shall not be higher than that of the PRCD.

5.3.3 Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

Standard values of rated residual operating current are:

$$0,006 \text{ A} - 0,01 \text{ A} - 0,03 \text{ A}.$$

5.3.4 Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The standard value of residual non-operating current is $0,5 I_{\Delta n}$.

If for PRCD according to 4.6.1 the protective conductor is passed with more turns than the live conductors through the current transformer on a $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ device this value may be reduced to $0,25 I_{\Delta n}$.

NOTE For residual pulsating direct currents, residual non-operating currents depend on the current delay angle α (see Table 19).

5.3.5 Standard minimum value of the non-operating overcurrent through the PRCD

The standard minimum value of the non-operating overcurrent through the PRCD is $4 I_n$.

5.3.6 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 that frequency.

5.3.7 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 250 A whichever is the higher.

5.3.8 Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The minimum value of the rated residual making and breaking capacity is $10 I_n$ or 250 A whichever is the higher.

5.3.9 Standard value of the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

The standard value of the rated conditional short-circuit current is 1 500 A.

5.3.10 Standard value of the rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)

The standard value of the rated conditional residual short-circuit current is 1 500 A.

5.3.11 Standard values of maximum break time

The standard values of break time are given in Table 2.

Table 2 – Standard values of maximum break time for AC residual currents

$I_{\Delta n}$ (A)	Standard values of maximum break time at			
	s			
	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$> 5 I_{\Delta n}$
Any value	0,3	0,15	0,04	0,04

NOTE For operation with residual currents having a DC component, see 9.20.

5.4 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)

5.4.1 General

PRCDs shall be protected against short-circuits by means of circuit-breakers or fuses complying with their relevant standards according to the installation rules of the IEC 60364 series.

Coordination between PRCDs and SCPDs shall be verified under the general conditions of 9.11.2.1, by means of the tests described in 9.11.2.4 which verify that there is adequate protection against currents up to the rated conditional short-circuit current I_{nc} and up to the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$.

5.4.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc})

The RMS value of prospective current, assigned by the manufacturer, which a PRCD protected by an SCPD can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.2.4 a).

5.4.3 Rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)

The value of residual prospective current, assigned by the manufacturer, which a PRCD, protected by an SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.2.4 c).

6 Marking and other product information

6.1 Information and marking for PRCDs

The information given in Table 3 shall be provided.

Table 3 – Marking or information item

	Marking or information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when in normal use	On the product	In a leaflet or manufacturer's catalogue
A	the manufacturer's name or trade mark		x	x
B	type designation, catalogue number or serial number		x	x
C	rated operational voltage(s)		x	x
D	rated frequency; PRCDs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly			x
E	rated current;		x	x
F	rated residual operating current;	x		x
G	the degree of protection	x		x
H	operating means of the test device, designated by the letter T;	x		x
I ¹	operating characteristic in presence of residual currents with DC components	x		x
J	"TEST BEFORE USE"	x		x
K	PRCDs according to 4.5.2 shall be marked  , according to IEC 60417-6292:2015-11.	x		x
L	rated residual making and breaking capacity			x
M	number of the product standard		x	x
N	PRCDs classified according to 4.6.1 with marking IEC 60417-6289:2015-03 	x		x
O	range of operating temperature			x
P	means shall be provided to distinguish between the open and closed states of the device	x		
Q	if it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by "line" and "load" placed near the corresponding terminals)		x	x
R	terminals specifically intended for the connection of the neutral shall be indicated by the symbol N		x	x
S	terminals specifically intended for the connection of the protective earth shall be indicated by the symbol (IEC 60417-5019:2006-08) 		x	x
T	PRCDs according to 4.8.2 shall be marked "PRCD-S"		x	
¹ One of the following markings applies: – PRCDs of type AC with the symbol (IEC 60417-6148:2012-01)  – PRCDs of type A with the symbol (IEC 60417-6149:2012-1) 				

For the marking of rated current and rated operational voltage, numbers alone may be used. These numbers shall be placed on one line, separated or not by an oblique line, or the number for rated current shall be placed above the number for rated operational voltage, separated by a horizontal line.

The marking for nature of supply shall be placed next to the marking for rated current and rated operational voltage.

Examples of marking for current, voltage and nature of supply:

16 A 230 V~, or $\frac{16}{230}$ ~, or 16 A 230 V AC, or 16/230 AC., etc.

When symbols are used, they shall be as follows:

- | | |
|---|---|
| – amperes | A |
| – volts | V |
| – alternating current | ~ |
| – neutral | N |
| – protective earth (IEC 60417-5019:2006-08) |  |

The marking shall be on the PRCD itself or on a nameplate or nameplates attached to the PRCD.

If the PRCD is composed of more than one individual item incorporating the RCD part, the relevant markings C, D and E of Table 3 shall be repeated on each of these items.

For PRCDs other than those operated by means of push-buttons, the open position shall be indicated by the symbol "O" and the closed position by the symbol "I" (a short straight line).

Additional national symbols are allowed for this indication. Provisionally, the use of national symbols as the only indication of the positions is allowed. These indications shall be readily visible when the PRCD is in normal use.

For PRCDs operated by means of two push-buttons, the push-button intended for the opening operation only shall be RED and/or be marked with the symbol "O". In this case the separate test button shall not be red but shall be marked with the letter "T".

If the test button is the only means for the opening operation it remains marked T, in which case the colour red may be used.

RED shall not be used for any other push-button of the PRCD. If a push-button is used for closing the contact and is clearly identified as such, its depressed position is sufficient to indicate the closed position.

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

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

6.2 Information to be provided in an instruction sheet

- a) a statement instructing the user to test the PRCD each time before use by following a detailed procedure arranged as a logical sequence of actions;
- b) a statement that the device shall not be used if it fails to operate correctly in accordance with the instructions;
- c) adequate instructions for the safe connection of any appropriate flexible cords, including reference to the IEC 60227 series and the IEC 60245 series, the number and colour of cores, the minimum and maximum cross-sectional area of the conductors and the length, if necessary;
- d) a statement concerning the plug and portable socket-outlet system to which the PRCD belongs;
- e) a statement warning against storage or use beyond the service conditions given in Table 4 and against misuse such as dropping, immersion, etc.;
- f) a statement that misuse of electricity can be dangerous and that the use of a PRCD should not be regarded as a substitute for basic electrical safety precautions, and specific instruction to unplug the PRCD to achieve isolation;
- g) a statement instructing the user to seek advice from the manufacturer, responsible vendor or a competent electrician if the PRCD repeatedly trips with an appliance connected or if it fails to trip when tested in accordance with the instructions;
- h) a statement instructing the user that the PRCD shall be connected directly to a fixed socket-outlet.

Compliance is checked by inspection.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

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

Table 4 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ⁵⁾
Ambient temperature ¹⁾	–5 °C to +40 °C ^{2) 6)} –25 °C to +40 °C ⁷⁾	20 °C	±5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity (maximum value at 40 °C)	50 % ³⁾		
External magnetic field	Not exceeding five times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	⁴⁾
Frequency	Reference value ±5 %	Rated value	±2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
Alternating component in DC (for external auxiliary source)		Zero	3%

- 1) The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C.
- 2) Values outside this range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user.
- 3) Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C).
- 4) PRCDs should not be used in the proximity of a strong magnetic field. In this case, supplementary requirements may be necessary.
- 5) The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test.
- 6) For the range –5 °C to +40 °C 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.
- 7) See 4.5.2.

7.2 Conditions for installations

PRCDs shall be used in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

PRCDs are intended for an environment with pollution degree 2 as a minimum, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

8.1.1 General

PRCDs shall be designed and constructed so that, in normal use, their use is safe and without danger to the user or to the environment.

The RCD part shall be in one unit and its correct operation shall not depend on the location of the flexible cables and cords connected to it and shall have a minimum degree of protection IPXXD after assembly as for normal use (see 8.2.2.5).

A maximum length of cord of 2 m is allowed between the plug of the PRCD and its RCD part.

For PRCDs with flexible conductors, the green-yellow conductor shall be used as the PE conductor.

There shall be no provision to alter the operating characteristics of PRCDs.

Plugs and socket-outlets of PRCDs shall be mechanically and electrically compatible with the plug and socket-outlet system in which they are intended to be used.

In all the following cases where IEC 60884-1 is referenced, requirements and tests for the plug part and for the socket-outlet part, the relevant national standards of the country where the PRCD is placed on the market apply. In the absence of a national standard, IEC 60884-1 applies.

Compliance is checked by inspection and the relevant clauses.

8.1.2 Plug part, socket-outlet parts and RCD part(s)

8.1.2.1 Dimensions of plug and socket-outlet part(s)

Compliance is checked by Clause 9 of IEC 60884-1:2022.

8.1.2.2 Provisions for earthing

8.1.2.2.1 The earthing contact shall be so constructed that, when inserting the plug, the earth connection is made before the current-carrying contacts of the plug become live.

When withdrawing the plug, the current-carrying pins shall separate before the earth connection is broken.

Compliance is checked by inspection of the manufacturing drawings, taking into account the effect of tolerances, and by checking the samples against these drawings.

NOTE Conformity with the relevant standard sheets ensures compliance with this requirement.

8.1.2.2.2 Earthing terminals of rewirable PRCDs shall comply with the appropriate requirements of 8.1.6.

They shall be of the same size as the corresponding terminals for the supply conductors.

The connection of the earth conductor shall be ensured under all conditions which may occur in normal use, including loosening of cover fixing screws, careless mounting of the cover, etc.

For PRCDs according to classification 4.6.2 parts of the earthing circuit shall be in one piece or shall be permanently connected together, e.g. by riveting or welding.

NOTE For the purpose of the requirements of this Subclause 8.1.2.2.2, screws are not considered as parts of contact pieces.

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

8.1.2.2.3 For PRCDs according to 4.8.1, the connection between the earthing terminal and accessible metal parts to be connected thereto shall be of low resistance.

Compliance is checked by the test of 9.6.4.

8.1.2.2.4 For PRCDs according to 4.8.2, accessible metal parts shall be isolated from the earthing terminal.

Compliance is checked by the test of 9.6.4.

8.1.2.3 Operation of earthing contacts

Earthing contacts shall provide adequate contact pressure and shall not deteriorate in normal use.

Compliance is checked by the test of 9.8 but with the rated current flowing through the protective earthing path only.

8.1.2.4 Force necessary to withdraw the plug

Clause 22 of IEC 60884-1:2022 applies.

8.1.2.5 Construction

8.1.2.5.1 A non-rewireable part of a PRCD shall be such that:

- the flexible cable or cord cannot be separated from that part without making the PRCD permanently useless;
- the part cannot be opened by hand or by using a general-purpose tool, for example a screwdriver used as such.

A PRCD is considered to be permanently useless when, for its re-assembling, parts or materials other than the original ones have to be used.

8.1.2.5.2 Pins of plugs and portable socket-outlets shall have adequate mechanical strength.

Compliance is checked by the tests of 9.12 and, for pins which are not solid, by the test of 9.25 which is made after the test of 9.10 is for mechanical endurance.

8.1.2.5.3 Pins of plugs shall be:

- locked against rotation;
- not removable without dismantling the plug;
- adequately fixed in the body of the plug when the plug is wired and assembled as for normal use.

It shall not be possible to replace the earthing or neutral pins or contacts of plugs in an incorrect position.

Compliance is checked by inspection, by manual test and by the test of 9.12.

8.1.2.5.4 Earthing contacts and neutral contacts of portable socket-outlets shall be locked against rotation and shall not be removable.

Compliance is checked by inspection and by manual test after the test of 9.12.

8.1.2.5.5 Socket-contact assemblies shall have sufficient resilience to ensure adequate contact pressure.

This requirement may also cover socket-outlets where the contact pressure relies on insulating parts having such characteristics as to ensure a safe and permanent contact in any condition of normal use, with regard in particular to shrinkage, ageing and yielding.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.10 and Clause 22 of IEC 60884-1:2022.

8.1.2.5.6 Pins and socket-contacts shall be resistant to corrosion and abrasion.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by chemical analysis.

8.1.2.5.7 The enclosure of rewireable accessories shall completely enclose the terminals and the ends of flexible cables and cords.

The construction shall be such that the conductors can be properly connected and that, when the accessory is wired and assembled as for normal use, there is no risk that:

- the conductors are pressed against each other;
- a core, the conductor of which is connected to a live terminal, comes into contact with accessible metal parts;

- a core, the conductor of which is connected to the earthing terminal, comes into contact with live parts.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

8.1.2.5.8 PRCDs according to 4.1.3.1 and 4.1.4.1 shall be so designed that terminal screws or nuts cannot become loose and fall out of position in such a way that they establish an electrical connection between live parts and the earthing terminal or metal parts connected to the earthing terminal.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

8.1.2.5.9 PRCDs according to 4.1.3.1 and 4.1.4.1 shall be designed with ample space for slack of the earthing conductor in such a way that, if the strain relief should fail, the connection of the earthing conductor is subjected to strain after the connections of the current-carrying conductors and that, in case of excessive stresses, the earthing conductor will break after the current-carrying conductors.

Compliance is checked by the test of 9.26.

8.1.2.5.10 Terminals of PRCDs according to 4.1.3.1 and 4.1.4.1 shall be so located or shielded that they do not create a dangerous situation.

Compliance is checked by the test of 9.6.6.

8.1.2.5.11 For rewirable PRCDs according to 4.1.3.1 and 4.1.4.1:

- it shall be clear how the relief from strain and the prevention of twisting is intended to be effected;
- the cord anchorage, or at least part of it, shall be integral with or permanently fixed to one of the component parts of the plug or portable socket-outlet;
- makeshift methods, such as tying the cable or cord in a knot or tying the ends with string, shall not be used;
- cord anchorages shall be suitable for the different types of flexible cable or cord which may be connected, and their effectiveness shall not depend upon the assembly of the parts of the body;
- cord anchorages shall be of insulating material or be provided with an insulating lining fixed to the metal parts;
- metal parts of the cord anchorage, including clamping screws, shall be insulated from the earthing circuit.

Compliance is checked by inspection.

8.1.2.5.12 Insulating parts which keep the live parts in position shall be reliably fixed together, and it shall not be possible to dismantle the accessory without the aid of a tool.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

8.1.2.5.13 If covers of PRCDs are provided with bushes for the entry holes for the pins, these bushes shall not be allowed to be removed from the outside or to become detached inadvertently from the inside, when the cover is removed.

Compliance is checked by inspection.

8.1.2.5.14 Screws intended to allow access to the interior of the accessory shall be captive.

NOTE The use of tight-fitting washers of cardboard or the like is deemed to be an adequate method for securing screws which are to be captive.

Compliance is checked by inspection.

8.1.2.5.15 The engagement face of plugs shall have no projections other than the pins when the plug is wired and assembled as for normal use.

Compliance is checked by inspection, after fitting conductors of the cross-sectional area specified in Table 5.

NOTE The earthing contacts are not considered as projections from the engagement face.

8.1.2.5.16 Socket-outlet parts of PRCDs shall be so designed that full engagement of associated plugs is not prevented by any projection from their engagement face.

Compliance is checked by determining that the gap between the engagement faces of the socket-outlet and a plug does not exceed 1 mm when the plug is inserted into the socket-outlet as far as it will go.

8.1.2.5.17 PRCDs of degree of protection higher than IPX4 shall be provided with a gland or the like for sealing the cable entries.

PRCDs of degree of protection higher than IPX4 shall be totally enclosed when fitted with a flexible cable or cord as for normal use.

For socket-outlets having a degree of protection higher than IPX0, the degree of protection shall be maintained without the plug inserted.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 16.2 of IEC 60884-1:2022.

NOTE Total enclosure when the plug is not in position can be achieved by means of a captive lid.

8.1.2.5.18 Means for suspension from a wall or other mounting surfaces shall be so designed that they do not allow access to live parts and do not expose live parts.

8.1.2.5.19 If a plug is an integral part of plug-in equipment, that equipment shall not cause overheating of the pins or impose undue strain on fixed socket-outlets.

For plugs having rated currents and voltages up to and including 16 A and 250 V compliance is checked by the tests of 9.8 and 9.27.

NOTE For plugs of higher ratings tests are under consideration.

8.1.2.5.20 Plugs shall be shaped in such a way and made of such a material that they can easily be withdrawn by hand from the relevant socket-outlet.

In addition, the gripping surfaces shall be so designed that the plug can be withdrawn without having to pull on the flexible cable or cord.

NOTE 1 An appropriate test is under consideration.

NOTE 2 Additional requirements for portable multiple socket-outlets are under consideration.

8.1.2.6 Flexible cables and cords and their connection

8.1.2.6.1 Any rewirable PRCD part shall be provided with a cord anchorage such that the conductors are relieved from strain, including twisting, when they are connected to the terminals or terminations, and that their covering is protected from abrasion.

The sheath, if any, of the cord shall be clamped within the cord anchorage.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.28.

8.1.2.6.2 Non-rewireable parts of PRCDs shall be provided with a flexible cable or cord complying with the IEC 60227 series or the IEC 60245 series. The minimum cross-sectional areas of the conductors in relation to the rating of the plug part and the socket-outlet part are given in the relevant columns of Table 5.

Table 5 – Minimum cross-sectional area of flexible cable or cord suitable for non-rewireable plugs and non-rewireable socket-outlets of PRCDs

Rating of the plug part and of the socket-outlet parts	Minimum cross-section for non-rewireable accessories mm ²
6 A 130/250 V	0,75
10 A 130/250 V	1
13 A 16 A 130/250 V	1,5
20 A 130 V	2,5
32 A 130 V	6

The conductor connected to the earthing contact shall be identified by the colour combination green/yellow.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by checking that the flexible cables or cords are in accordance with the IEC 60227 series or the IEC 60245 series, as applicable.

8.1.2.6.3 Non-rewireable parts shall be so designed that the flexible cable or cord is protected against excessive bending where it enters the accessory.

Guards provided for this purpose shall be of insulating material and shall be fixed in a reliable manner.

Helical metal springs, whether bare or covered with insulating material, shall not be used as cord guards.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.29.

8.1.2.6.4 Moulded-on PRCD parts shall have means to prevent loose wires of a conductor from reducing the minimum isolation distance requirements between such wires and all accessible external surfaces of the accessory, with the exception of the engagement face of a plug.

Compliance is checked by inspection according to 9.6.7.

8.1.3 Mechanism

PRCDs shall be constructed in such a way 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.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up or keep 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 in the case of automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided, in which case the PRCD shall be manually reset before re-closing of the contacts is possible.

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

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

The indicating means may be either the operating means, provided this has two distinct rest positions, or a specific indicating means, or a combination of both.

PRCDs opening automatically in case of failure of the line voltage and re-closing automatically when the line voltage is restored (see 4.3.2), shall be provided with means for indicating the following:

- "ON" in which case the contacts may be either closed if the PRCD is energized, or open after failure of the line voltage, in which case they will re-close automatically after restoration of the line voltage;
- "OFF" if the contacts have been opened either by manual operation or by tripping due to an earth fault.

When an indicator light is used to indicate the closed and open positions, this shall be lit when the PRCD is in the closed position and be of bright colour.

For PRCDs according to 4.6.1, it shall not be possible for the live contacts to remain closed if the PE contact is not closed.

Compliance is checked by 9.9.6.3.

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 PRCD.

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 to covers are allowed.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the test of 9.15.

8.1.4 Clearances and creepage distances (see Annex C)

Clearances and creepage distances shall not be less than the values shown in Table 6, when the PRCD operated as in normal use. The values in Table 6 are based on the PRCD being designed for operating in an environment with pollution degree 2 and overvoltage category II.

For plug and socket-outlet portions, IEC 60884-1 applies.

NOTE If higher altitudes, pollution degrees or overvoltage category are considered, the appropriate clearances and creepage distances are defined in IEC 60664-1.

Compliance for item 1 in Table 6 is checked by measurement or by the test of 9.7.5.3.1 and 9.7.5.3.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.1.

The clearances of items 2 and 4 may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1 for homogenous field conditions. In this case, after the humidity treatment described in 9.7.1, compliance for item 2 and 4 and arrangements of 9.7.2 items b), c) and d) is checked in the following order:

- *tests according to 9.7.2,*
- *test according to 9.7.5.2 is applied with test voltages given in Table 14 with test arrangements of 9.7.2 items b), c), d).*

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

For clearance of item 5 in Table 6, double insulation or reinforced insulation shall be provided upstream of the interrupting contacts of the PRCD between hazardous-live parts and

- *accessible surfaces of operating means,*
- *screws or other means for fixing covers which may be removed when connecting the connector,*
- *accessible metal parts.*

Compliance is checked by the test of 9.7.5.2.

All measurements required in 8.1.4 shall be carried out in Test sequence A on 1 sample and the tests 9.7.5.2 shall be carried out before 9.7.1 on 3 samples of Test sequence B.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.6.3 of IEC 60664-1:2020.

For domestic plugs and when a national standard exists the relevant national standard applies. If no relevant national standard is available IEC 60884-1 applies.

The verification of clearances and creepage distances on printed circuit boards is made by the tests of 9.31.

Table 6 – Clearances and creepage distances

	Minimum clearances ^g mm		Minimum creepage distances ^{c, g} mm					
			Group IIIa ^d (175 V ≤ CTI < 400 V) ^b		Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^b		Group I (600 V ≤ CTI) ^b	
	Rated voltage V ^e		Working voltage V					
	120	250	120	250	120	250	120	250
Item / Description	U_{imp} 1,5 kV	U_{imp} 2,5 kV						
1. between live parts which are separated when the main contacts are in the open position ^a	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
2. between live parts of different polarity	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
3. downstream interrupting contacts of the PRCD between live parts and – accessible surfaces of operating means – screws or other means for fixing covers which may be removed when connecting the connector – accessible metal parts ^f – PE	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
4. upstream interrupting contacts of the PRCD between live parts and – accessible surfaces of operating means – screws or other means for fixing covers which may be removed when connecting the connector – accessible metal parts ^f	1,5	3	2,5	5	2,1	3,6	1,5	3

NOTE 1 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.

NOTE 2 Clearances and creepage distances of the secondary circuit and between the primary windings of the PRCD transformer are not considered.

^a For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.

^b See IEC 60112.

^c 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 C.

^d For material group IIIB (100 V ≤ CTI < 175 V) the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.

^e The rated voltage is the maximum operational voltage to earth.

^f 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 test wire according to 9.6 (see Figure 2).

^g For altitudes of 3 000 m the values shall be multiplied by 1,14, for 4 000 m they shall be multiplied by 1,29.

8.1.5 Screws, current-carrying parts and connections

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

Thread-forming screws are allowed for mechanical connections and fixing.

Screws or nuts which transmit contact pressure shall be of metal and shall be in engagement with a metal thread.

Compliance is checked by inspection.

NOTE Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.11, 9.12, 9.13 and 9.22.

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

8.1.5.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when assembling the PRCD during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

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

Compliance is checked by inspection and by manual test.

8.1.5.3 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 not less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

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

8.1.5.4 Current-carrying parts including those of terminals (also earthing terminals) shall be of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by chemical analysis.

Examples of suitable metals, when used within the permissible temperature range and under normal conditions of chemical pollution, are:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts from rolled sheet (in cold condition) or at least 50 % copper for other parts;
- stainless steel containing at least 13 % chromium and not more than 0,09 % carbon;
- other metal or suitably coated metal, not less suitable for their intended use.

The requirements of this Subclause 8.1.5.4 do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices, screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.1.6 Terminals for external conductors for rewirable PRCDs

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

In this document, screw-type terminals for external copper conductors only are considered.

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

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

8.1.6.2 PRCDs shall be provided with terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 7.

NOTE Examples of designs of terminals are given in Annex F.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.5.4.

Table 7 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current A	Range of nominal cross-sections to be clamped mm ²	Test pull N
	Flexible stranded conductors	
6, 10, 13, 16	0,75 to 1,5	40
20	1,5 to 4	60
32	2,5 to 6	80
NOTE For AWG cross-sections see Annex G.		

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

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

8.1.6.4 Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

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

8.1.6.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

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

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

NOTE Provisionally, SI, BA and UN threads are considered to be comparable in pitch and mechanical strength to metric ISO thread.

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

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

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

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

8.1.6.8 Terminals shall be so designed or positioned that a wire of a conductor cannot slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

Compliance is checked by the test of 9.5.4.

8.1.6.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixing shall not work 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 subjected 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.

8.1.6.10 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 design of terminals of which examples are shown in Annex IC of IEC 61008-1:2010 provides 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.

8.1.6.11 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.

Compliance is checked by inspection.

8.1.7 Terminations for non-rewireable PRCDs

Non-rewireable PRCDs shall be provided with soldered, welded, crimped or equally effective permanent connections.

Screwed or snap-on connections shall not be used.

Connections made by crimping a pre-soldered flexible conductor are not permitted, unless the soldered area is outside the crimping area.

Compliance is checked by inspection.

8.1.8 Current-carrying parts

Current-carrying parts incorporated in plugs or socket-outlets shall also comply with 26.5 of IEC 60884-1:2022.

Current-carrying parts which may be subjected to mechanical wear shall not be made of steel provided with an electroplated coating.

8.2 Protection against electric shock

8.2.1 General

PRCDs shall be so designed that, when they are used according to the manufacturers' instructions, live parts are not accessible, even after removal of parts which can be removed without the use of a tool.

A part is considered to be accessible if it can be touched by the standard test finger (see Figure 30).

External parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the PRCD is used under normal conditions, 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.

Such lining shall be fixed so that it is not likely to be lost. It shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection even at places where sharp edges occur.

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

Accessible parts of operating means shall be made of insulating material. This does not apply to the conductive operating means to detect faults on the supply side for PRCDs classified according to 4.8.2.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. In addition, they shall be insulated from all accessible metal parts, including metal frames, plates, screws or other means used as supporting or fixing means.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this Subclause 8.2.1.

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

8.2.2 Requirements relating to plugs and socket-outlets, whether incorporated or not in integral items

8.2.2.1 General

NOTE These requirements are in accordance with IEC 60884-1:2022, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 and 10.6 for the purposes of 8.2.2.2 and IEC 60884-1:2022, 10.5 for the purposes of 8.2.2.3.

8.2.2.2 Requirements relating to the engagement of plugs into socket-outlets

Live parts of plugs shall not be accessible when the plug is in partial or complete engagement with a socket-outlet.

NOTE In the USA, South Africa, Canada, Japan and Switzerland, this requirement is not required to be met during insertion of the plug.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by the test of 9.6.1.

It shall not be possible to make connection between a pin of a plug and a live socket-contact of a socket-outlet while any other pin is accessible.

Compliance is checked by manual test and by means of the gauges whose dimensions are the least favourable for this kind of test. The tolerances of the gauges shall be as specified in 9.1 of IEC 60884-1:2022.

For accessories with enclosures or bodies of thermoplastic material, the test is made at an ambient temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$, both the accessory and the gauge being at this temperature.

For socket-outlets with enclosures or bodies of rubber or polyvinyl chloride, the gauge is applied with a force of 75 N for 1 min.

8.2.2.3 Socket-outlets belonging to PRCDs shall be provided with shutters and be constructed in such a way that live parts are not accessible without a plug in engagement when applying the gauge shown in Figure 3.

They shall be so constructed that the live contacts are automatically screened when the plug is withdrawn.

The means for achieving this shall be such that the socket-outlet cannot be easily operated by anything other than a plug and it shall not depend upon parts which are liable to be lost.

This prevention from access to the contacts without deliberate intention is verified by means of a gauge.

The gauge of Figure 3 shall be applied to the entry holes corresponding to the live contacts only and shall not touch live parts.

An electrical indicator with a voltage not less than 40 V and not more than 50 V is used to show contact with the relevant part.

NOTE In the following countries, socket-outlets without shutters are allowed: AT, DE.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6.2.

8.2.2.4 Earthing contacts of a socket-outlet shall be so designed that they cannot be deformed by the insertion of a plug to such an extent that safety is impaired.

Compliance is checked by the test of 9.6.2.

8.2.2.5 Degree of protection of PRCDs

The degree of protection of the parts of a PRCDs shall be not lower than indicated in Table 8 (see also note of 8.2.2.2).

Table 8 – Degree of protection of PRCD parts

Part	Minimum degree of protection	Test reference
RCD	IP4X	IEC 60529
Socket-outlet (body)	IP4X	IEC 60529
Socket-outlet (live contacts)		9.6.2
Plug during engagement	IP2X	9.6.1
Plug engaged	IP2X	9.6.1

Compliance is checked by the relevant test indicated in the last column.

The cable entry of the rewirable types 4.1.3.1 and 4.1.4.1 shall be at least IP2X.

Compliance is checked by the relevant test of IEC 60529.

8.3 Dielectric properties

PRCDs shall have adequate dielectric properties.

Compliance is checked by the tests of 9.7.

8.4 Temperature rise

8.4.1 Temperature rise limits

The temperature-rises of the parts of a PRCD specified in Table 9, measured under the conditions specified in 9.8, shall not exceed the limiting values stated in Table 9.

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

Table 9 – Temperature-rise values

Parts ^{1, 2}	Temperature rise K
Pins of plugs, contacts of socket-outlets or terminals for external connections	50
External parts liable to be touched in normal service	40
¹ No value is specified for the contacts, since the design of most PRCDs 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. The test of 9.21.2 is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature rises in service. ² No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the PRCD shall not be impaired.	

8.4.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 9 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 4.

8.5 Operating characteristic

The operating characteristic of PRCDs shall be such that the verifications of 9.9 are satisfactorily met.

8.6 Mechanical and electrical endurance

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

Compliance is checked by the tests of 9.10.1 and 9.10.2.

8.7 Performance at short-circuit currents

PRCDs shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations.

Compliance is checked by the tests of 9.11.

8.8 Resistance to mechanical shock and impact

PRCDs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during connection and use.

Compliance is checked by the test of 9.12.

8.9 Resistance to heat

PRCDs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.13.

8.10 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of PRCDs 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 other tests of this document.

Compliance is checked by the test of 9.14.

8.11 Test device

8.11.1 General

PRCDs shall be provided with a test device to simulate a residual current passing through the detecting device in order to allow the periodic testing of the ability of the RCD to operate.

NOTE The test device is intended to check the tripping function, not the value at which this function is effective with respect to the rated residual operating current and the break times.

The ampere-turns produced when operating the test device of a PRCD shall not exceed 3,5 times the ampere-turns produced when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is passed through one of the poles of the PRCD.

The test device shall comply with the test of 9.16. The protective conductor of the installation shall not become live when the test device is operated.

8.11.2 Test function

It shall not be possible to energize the circuit on the load side by operating the test device when the PRCD is in the open position and connected as in normal use.

The test device may be the sole means of performing the opening operation, in which case it shall also comply with 8.6.

The operating means of the test device shall be accessible when the PRCD is plugged in as in normal use.

8.12 Behaviour of PRCDs in case of failure of line voltage

PRCDs shall operate correctly at any value of the line voltage between 0,85 and 1,1 times their rated operational voltage. In the event of a loss of the supply, PRCDs shall open automatically.

PRCDs classified according to 4.3.1 shall not re-close automatically when the supply is restored.

PRCDs classified according to 4.3.2 shall re-close at the restoration of the line voltage, unless they have tripped due to a residual current, the momentary re-closing of the contacts for a time not exceeding that stated in Table 2, when the line voltage is restored under fault conditions is allowed.

Compliance is checked by the tests of 9.9 and 9.17 under the supplementary test conditions specified in 9.9.2.

8.13 Behaviour of PRCDs in case of overcurrent in the main circuit

PRCDs shall not operate under specified conditions of overcurrent.

Compliance is checked by the test of 9.18.

8.14 Resistance of PRCDs against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages

PRCDs shall adequately withstand impulse voltages.

Compliance is checked by the test of 9.19.

8.15 Behaviour of PRCDs in case of an earth fault current comprising a DC component

PRCDs according to classification 4.4.2 shall ensure tripping both in the case of a residual alternating current and in the case of residual pulsating direct current whether suddenly applied or slowly rising.

Compliance is checked by the tests of 9.20.

8.16 Reliability

PRCDs shall operate reliably even after long service, taking into account the ageing of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.21 and 9.22.

8.17 Resistance to tracking

Parts of insulating materials in contact with live parts shall be resistant to tracking.

Compliance is checked by the test of 9.23.

8.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

PRCDs shall operate reliably, even in presence of electromagnetic disturbances, and shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.30.

8.19 Standing current in the protective conductor

The value of the standing current in PE shall not exceed 1 mA.

In case the protective conductor is connected to live parts, this connection shall be done via a protective impedance, which shall consist of at least two independent impedances connected in series.

Capacitors used as protective impedance shall be of type Y2 according to IEC 60384-14.

Removing the protective impedance shall only be possible if the PRCD will be destroyed and becomes unusable.

The verification is made by inspection and by the tests according to 9.9.8.

8.20 Electrical performance

8.20.1 Protective conductor path

The switched contact within the protective conductor path, if any, shall provide adequate contact pressure and shall not deteriorate in normal use. The protective conductor may pass through the sensing toroid as long as the unit complies with the appropriate operating test. It shall be verified by inspection that the protective conductor path does not have any semiconductor device connected in series.

Compliance is checked by the temperature rise test of 9.8, the rated residual making and breaking capacity test of 9.11.2.3 and the rated conditional residual short-circuit current test of 9.11.2.4 c).

8.20.2 Contact mechanism

Each line conductor and the neutral conductor, if any, of the PRCD shall be provided with switching contacts. For PRCDs according to 4.6.1 the protective conductor shall be provided with a switching contact. The line contacts and the neutral contact, if any, shall be mechanically or electrically coupled such that they make and break substantially together.

The protective conductor contact, if any, may be mechanically or electrically coupled to the line and neutral contacts.

The switching contact of the protective conductor path, if any, shall close before and open after the switching contacts of the live conductors or close and open substantially together with the live conductors.

It shall be possible to switch off the PRCD when plugged in and energized as in normal use. This requirement is not considered met by the fact that the plug can be disconnected from its supply source. The test device may be used for that purpose.

Compliance with the above requirements is checked by inspection and by the relevant tests of 9.10.2.2.

The PRCD shall have means for manual reset after a residual current operation. This may be done by a dedicated means or by disconnecting from the socket-outlet.

The PRCD shall have an indicator showing the state of the contacts and give a clear indication or response in case of unintentionally closed contacts.

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

PRCDs shall have a trip-free function where the moving contacts of which return to and remain in the open position when the automatic opening operation is initiated after the initiation of the closing operation, even if the closing command is maintained.

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

Compliance with the above requirements is checked by inspection and by the relevant tests of 9.15.

8.20.3 Operation with supply failure and hazardous live protective conductor conditions

The PRCD shall have a defined behaviour in case of shock hazard due to supply failures (see 3.2.1.2) or shock hazard due to miswiring.

PRCDs classified according to 4.8.2 may have a conductive operating means to detect faults on the supply side. This conductive operating means shall have high electrical resistance to avoid electric shock.

This only applies to PRCD classified according to 4.8.2.

Compliance with this requirement is checked by the test of 9.9.5 and 9.6.8.

8.20.4 Behaviour of PRCDs in case of external fault current in the protective conductor

During normal operation, PRCDs according to classification 4.6.1 shall ensure that in case of a fault current issued from an external electrical circuit, PRCDs shall not switch off the protective conductor.

NOTE For example a fault current issued from an external electrical circuit can occur by a drilling machine damaging a phase from a different protected circuit.

Compliance is checked by the test of 9.9.7.

9 Test

9.1 General

9.1.1 Characteristics of PRCDs checked by means of type tests

The type tests required by this document are listed in Table 10.

Plugs and socket-outlets that have already been type-tested to national standard or, if not available, according to IEC 60884-1 need not be tested again.

Table 10 – List of type tests

Tests	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 characteristic	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10
– Behaviour of PRCDs under overcurrent conditions	9.11
– Resistance to mechanical shock and impact	9.12
– Resistance to heat	9.13
– Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire	9.14
– Trip-free mechanism	9.15
– Verification of the test device	9.16
– Behaviour of PRCDs in case of failure of the line voltage	9.17
– Limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	9.18
– Resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages for PRCDs of $I_{\Delta n} \geq 0,010$ A	9.19
– Correct operation with residual currents having a DC component	9.20
– Reliability	9.21
– Ageing	9.22
– Resistance to tracking	9.23
– Pins provided with insulating sleeves	9.24
– Mechanical strength of non-solid pins of plugs and portable socket-outlets	9.25
– Effects of strain on the conductors	9.26
– Torque exerted by plug-in PRCDs on fixed socket-outlets	9.27
– Retention of cord anchorage	9.28
– Flexing test of non-rewireable PRCDs	9.29
– Electromagnetic compatibility (EMC)	9.30
– Tests replacing verifications of creepage distances and clearances for PRCDs containing electronic components permanently connected between the two poles	9.31
– Requirements for single electronic components used in PRCDs	9.32
– Verification of the behaviour of the PRCD under temporary over voltage (TOV) conditions	9.33

9.1.2 For certification purposes, type tests to be carried out in test sequences

NOTE The term "certification" denotes:

- either 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 are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each type test (or sequence of type tests) is made on PRCDs in a clean and new condition, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 4).

9.1.3 Routine tests

Routine tests are intended to detect faults in materials and workmanship and to ascertain safety and proper functioning of the PRCD. They shall be made on each individual device of the PRCD.

Routine tests to be carried out by the manufacturer are given in Annex B.

9.2 Test conditions

The tests are made on new samples representative of the production.

Unless otherwise specified, the PRCD is connected as in normal use, using plugs, and/or socket-outlets of the same system, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C and according to the manufacturer's instructions.

PRCDs are tested using a fixed socket-outlet fitted with 1 m of rigid conductors (solid or stranded) conductors. Devices with terminals on the supply side are tested using a flexible conductor of 1 m according to Table 11 fitted with a plug.

In the case of multiple socket-outlets, the test is carried out on each socket-outlet in turn or on the most critical socket-outlet, when this is obvious.

Table 11 – Cross-sectional area for test conductors

Rated current of the PRCD A	Nominal cross-sectional area mm ²	
	Flexible conductors for test plug and terminals of PRCDs	Rigid conductors (solid or stranded) for the fixed test socket-outlet
Up to and including 10	1	1,5
Above 10 up to and including 16	1,5	2,5
Above 16 up to and including 20	2,5	4
Above 20 up to and including 32	4	6
NOTE For American wire gauge (AWG) conductors, see Annex ID of IEC 61008-1:2010.		

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

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 12. During the tests, no maintenance or dismantling of the sample is allowed.

An operating speed of 0,1 m/s $\pm 25\%$ shall be used during actuation for the tests of 9.10.2 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 PRCD under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the PRCD 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 cloth soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton cloth 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).

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.

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

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

Compliance with the requirements of 8.1.5 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when connecting the PRCD, 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 re-inserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 12.

The screws and nuts shall not be tightened in jerks.

The test is made with rigid conductors, having the largest cross-sectional areas specified in Table 7. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 12 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm	
Greater than	Up to and including	I ¹	II ²
–	2,8	0,2	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0
¹ 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. ² Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.			

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

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of terminals for external conductors

9.5.1 *Compliance with the requirements of 8.1.6 is checked by inspection, by the test of 9.4, for which a copper conductor having the largest cross-sectional area specified in Table 7 is placed in the terminal, and by the tests of 9.5.2, 9.5.3 and 9.5.4.*

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

9.5.2 The terminals are fitted in turn with copper conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 7.

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

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

Each conductor is then subjected to the pull in accordance with Table 7.

The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the space intended for the conductor.

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

9.5.3 The terminals are fitted in turn with copper conductors of the smallest and largest cross-sectional areas specified in Table 7, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

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 excessive damage.

NOTE Conductors are considered to be excessively damaged if they show more than 10 % of the strands broken.

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

9.5.4 The terminals, if any, are fitted in turn with flexible copper conductors having the smallest and the largest cross-section according to Table 7, the make-up of which is shown in Table 13.

Table 13 – Conductor composition

Cross-section mm ²	Flexible conductor	
	Nominal number of strands	Nominal diameter of strands mm
0,75	24	0,20
1	32	0,20
1,5	30	0,25
2,5	50	0,25
4	56	0,30
6	84	0,30

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably re-shaped.

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 12.

After the test, no strand of the conductor shall have escaped from the retaining means.

9.6 Verification of protection against electric shock

9.6.1 Test with conductors of the smallest and largest cross-sections

For the PRCD, the standard test finger shown in Figure 30 is applied in every possible position.

For the plug portion, the test finger is applied in every possible position when the plug is in partial or complete engagement with a socket-outlet.

An electrical indicator with a voltage not less than 40 V and not more than 50 V is used to show contact with the relevant part.

For PRCDs where the use of elastomeric or thermoplastic material is likely to influence the requirement, the test is repeated but at an ambient temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$, the PRCD being at this temperature.

During this additional test, PRCDs 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, with an electrical indicator as described above, is applied to all places where yielding of the insulating material could impair the safety of the PRCD.

During this test, the PRCDs shall not deform to such an extent that those dimensions shown in the relevant standard sheets which ensure safety are unduly altered and no live part shall be accessible by the standard test finger (see Figure 30).

If relevant, each sample of plug portion or portable socket-outlet portion is then pressed between two flat surfaces with a force of 150 N for 5 min, as shown in Figure 9.

15 min after removal of the test apparatus the sample shall not show such deformation as would result in undue alteration of those dimensions, shown in the relevant standard sheets, which ensure safety.

9.6.2 Test with plug completely withdrawn

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.6.3 Test with engagement surface in horizontal position

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.6.4 Verification of the resistance between the earthing terminal and the accessible metal part

A current of 1,5 times rated current or 25 A, whichever is the greater, derived from an AC source having a no-load voltage not exceeding 12 V, is passed between the earthing terminal and each of the accessible metal parts in turn.

The voltage drop between the earthing terminal and the accessible metal part is measured and the resistance is calculated from the current and this voltage drop.

In no case shall the resistance exceed 0,05 Ω .

9.6.5 Verification of the isolation between the earthing terminal and the accessible metal part

A voltage of 500 V derived from a DC source with a short-circuit current of 1 mA is connected between the earthing terminal and each of the accessible metal parts in turn. The current between the earthing terminal and the accessible metal part is measured and the resistance is calculated from the current and the voltage. In each case the isolation resistance shall be at least 5 M Ω .

9.6.6 Stray wire test for rewirable PRCDs

A 6 mm length of insulation is removed from the end of a flexible conductor having the nominal cross-sectional area specified in Table 5. One wire of the stranded conductor is left free and the remaining wires are fully inserted into the terminal and clamped as for normal use.

The free wire is bent, without tearing and pulling back the insulation, in every possible direction but without making sharp bends around barriers.

The free wire of a conductor connected to a live terminal shall not touch any accessible metal part or be able to emerge from the enclosure when the accessory has been assembled.

The free wire of a conductor connected to an earthing terminal shall not touch a live part.

If necessary, the test is repeated with the free wire in another position.

The prohibition against making sharp bends around barriers does not imply that the free wire shall be kept straight during the test. Moreover, sharp bends are made if it is considered likely that such bends can occur during the normal assembly of the plug or portable socket-outlet, for example when a cover is pushed on.

After this test, the socket-outlet shall still comply with the requirements of Clause 10 of IEC 60884-1:2022.

9.6.7 Stray wire verification for non-rewireable PRCDs

For moulded-on parts of non-rewireable PRCDs compliance with 8.1.2.6.4 is checked by inspection.

9.6.8 Verification of high electrical resistance of the conductive operating means

The input protective conductor terminal of the PRCD shall be connected to the supply live conductor.

A resistor (R1) of $10\ \Omega \pm 1\ %$, with an RMS voltmeter connected across it, is connected between the conductive operating means of the PRCD and supply protective conductor. The contacting of the conductive operating means of the PRCD shall be made by means of a suitable probe, as large as possible and insulated from the human body impedance of the operator.

The applied voltage is $1,1\ U_e$.

The PRCD shall be operated at least for 5 min and the voltage drop across the resistor R1 shall be measured continuously.

The current is calculated by use of the known resistance value and RMS voltage measurement. The resultant RMS current value shall not exceed 0,5 mA RMS.

The conductive operating means shall be connected to the PE with a protective impedance.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the PRCD for test

Parts of the PRCD 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.

Lids for socket-outlets remain closed during the test.

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 $\pm 1\ ^\circ\text{C}$ of any convenient value T between $20\ ^\circ\text{C}$ and $30\ ^\circ\text{C}$.

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between $T\ ^\circ\text{C}$ and $T + 4\ ^\circ\text{C}$.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

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.

In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended 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 PRCD 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 and 9.7.5.2 (if applicable).

9.7.2 Insulation resistance of the main circuit

The PRCD 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 PRCD in the open position, between each pair of the terminals or pins which are electrically connected together when the PRCD is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the PRCD 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, including the protective conductor circuit and other circuits;

Where it is not possible to keep the PRCD in the closed position, each pole is bridged by an outside connection;

- c) with the PRCD in the opened position, between all terminals or pins 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 terminals or pins areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- d) for PRCDs 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 term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible as for normal use;
- screws for fixing cover.

For the purpose of this test, the protective conductor 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 PRCD 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 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 prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.4 Secondary circuit of detection transformers

The circuit which includes the secondary circuit of the detection transformer is not submitted to any insulation test, provided that the circuit has no connection with accessible metal parts, with a protective conductor, or with live parts.

9.7.5 Verification of impulse withstand voltages

9.7.5.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 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 being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on complete PRCD, 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 PRCD 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 PRCD 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 PRCDs with incorporated surge arresters, the shape of the impulses is adjusted without connection of the PRCD 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.

9.7.5.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 6 does not show any reduced clearance, this test is not applied.

This test may be applied to replace measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 6.

The test is carried out on a PRCD placed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 14. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 14.

Tests are made applying the impulse voltage between:

- a) with the PRCD 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, including the protective conductor circuit and other circuits;
Where it is not possible to keep the PRCD in the closed position, each pole is bridged by an outside connection;
- b) with the PRCD in the opened position, between all terminals or pins 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 terminals or pins areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil,
- c) for PRCDs 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.

If the measurement of clearances of item 5 of Table 6 does not show any reduced clearance, this test is not applied.

The test for verification of item 5 of Table 6 is made applying the impulse voltage between hazardous-live parts and

- accessible surfaces of operating means,
- screws or other means for fixing covers which may be removed when connecting the connector,
- accessible metal parts.

The test voltage shall be multiplied by 1,6.

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 14 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude				
	$U_{1,2/50}$ AC peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5

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

9.7.5.3.1 General

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

The tests of 9.7.5.3, as stated in the requirements of 8.1.4, shall be carried out before the tests of 9.7.1, on 3 samples of Test sequence B.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 14, in accordance with the rated voltage of the installation for which the PRCD is intended to be used as given in Table 6.

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

9.7.5.3.2 PRCD in opened position

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

The impulses are applied between:

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

There shall be no disruptive discharges during the test.

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

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

There shall be no disruptive discharges during the test.

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.

Afterwards a new sample is tested according to 9.7.5.3.3.

9.7.5.3.3 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

Verification shall be performed to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, shall not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the equipment during normal use.

A new PRCD sample is tested in order to check that components bridging the basic insulation would not reduce safety with respect to short term temporary overvoltages.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. In accordance with IEC 60364-4-44:2007, Table 44.A2 and IEC 60664-1, the RMS value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_i$. U_i is the rated insulation voltage value between line and neutral.

NOTE As an example, for a PRCD having a rated insulation voltage of $U_i = 250\text{ V}$, the value of the AC test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the RMS test voltage is $1\,450\text{ V}$.

The voltage is applied for 5 s between:

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

The equipment is then visually inspected; no component bridging the basic insulation shall show a visible alteration.

It is accepted to replace a fuse before connecting the equipment to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is accepted to replace the surge arrester too.

Then, the equipment is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instruction. Under the condition of 9.9.2.4 the PRCD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole, taken at random, without measurement of break time.

9.8 Temperature-rise test

9.8.1 Test conditions

The general test conditions of 9.2 apply.

Rewireable PRCDs are tested as specified by the manufacturer and non-rewireable PRCDs are tested as supplied by the manufacturer.

The necessary plugs used for the test shall have brass pins.

The necessary fixed socket-outlets used for the test shall comply with national standard or, if not available, IEC 60884-1.

Plugs having lateral earthing contacts and resilient earthing contacts are tested using a fixed socket-outlet complying with this document and having as near-to-average characteristics as can be selected, but with minimum size of the earthing pin, if any.

9.8.2 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 PRCD at about half its height and at a distance of about 1 m from the PRCD.

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

9.8.3 Test procedure

A current equal to I_n is passed simultaneously through the two poles of the PRCD 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.

The PRCD is supplied by $1,05 U_n$.

During these tests, the temperature rise shall not exceed the values shown in Table 9.

A current equal to the test currents for the tests of temperature-rise (in accordance with IEC 60884-1:2022, Clause 19) and in IEC 60884-1:2022, Table 18 is passed simultaneously through the two poles of the PRCD for a period of 1 h.

During these tests, the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 9.

9.8.4 Measurement of the temperature-rise of different parts

The temperature of the different parts referred to in Table 9 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.

9.8.5 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.4, and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.2.

9.9 Verification of the operating characteristic

9.9.1 Test circuit

The PRCD is connected as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance and shall be in accordance with Figure 24.

The instruments for the measurement of the residual current shall display (or allow to determine) the true RMS value.

NOTE The information for instrument measurement is available on OD-5014 at the following IEC website:
<http://www.iecee.org/documents/refdocs/>

9.9.2 Off-load tests with residual sinusoidal alternating currents at the reference temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$

9.9.2.1 General

The PRCD shall perform the tests of 9.9.2.2, 9.9.2.3 and 9.9.2.4 (each one comprising five measurements), made on one pole only taken at random, but not all samples being tested on the same pole. Each test is made at the following values of the line voltage applied to the relevant terminals: 1,1 and 0,85 times the rated operational voltage.

9.9.2.2 Verification of the correct operation in case of a steady increase of the residual current

With test switch S_1 in the closed position, S_2 in the open position and S_3 in position 1, the PRCD closing operation shall be initiated.

The test switch S_2 is closed and the residual current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, to try to attain the value of $I_{\Delta n}$ within 30 s. The tripping current is measured each time.

All five measured values shall be between $I_{\Delta no}$ and $I_{\Delta n}$.

Test is repeated with test switch S_3 in position 2.

All five measured values shall be between $I_{\Delta no}$ and $I_{\Delta n}$.

9.9.2.3 Verification of the correct operation at closing on residual current

- a) The test circuit is calibrated at each value of the residual current specified in Table 2. The switch S_2 being in the closed position, switch S_1 in the closed position and switch S_3 in position 1, the PRCD is closed on the circuit so as to simulate service conditions as closely as possible.

The PRCD may close but shall trip within the relevant specified time and shall not re-close. The break-time is measured five times. No measurement shall exceed the relevant specified limiting value.

- b) For PRCDs classified according to 4.3.2, in addition to 9.9.2.3 a), the switches S_1 being closed, the switch S_2 being opened, switch S_3 in position 1, the PRCD is closed. The switch S_1 is then opened; the PRCD shall open. The switch S_2 is then closed and thereafter the switch S_1 . The PRCD may re-close but shall trip within the relevant specified time. The test is made five times at $I_{\Delta n}$ and five times at $5 I_{\Delta n}$ with measurement of the break time. No measurement shall exceed the relevant specified limiting value in Table 2.

9.9.2.4 Verification of the correct operation in case of sudden appearance of residual current

With the test circuit successively calibrated at each value of residual current specified in Table 2, the switches S_1 in closed position, switch S_2 in the open position, S_3 in position 1 and the PRCD in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the switch S_2 .

The PRCD shall trip during each test.

Five tests are made at each value of residual current with measurement of break-time except at 250 A for which it is done only once.

No value shall exceed the relevant specified limiting value.

9.9.3 Verification of the correct operation with load at the reference temperature

The tests of 9.9.2.3 and 9.9.2.4 are repeated, the PRCD being loaded with rated current as in normal service for a sufficient time so as to reach steady-state conditions.

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

9.9.4 Tests at the temperature limits

9.9.4.1 For PRCDs classified according to 4.5.1

The PRCD shall perform the tests specified in 9.9.2.4 under the following conditions, successively:

- a) ambient temperature: -5 °C off-load;
- b) ambient temperature: $+40\text{ °C}$, the PRCD having been previously loaded, with the rated current, at any convenient voltage, until it attains thermal steady-state conditions.

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

NOTE Preheating can be made at reduced voltage.

9.9.4.2 For PRCDs classified according to 4.5.2

The PRCDs, connected as for normal use, are brought into a suitable test chamber with an ambient air temperature of $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and a relative humidity of $93\% \pm 3\%$. The volume ratio of the test chamber to the test samples shall be greater than 50.

The PRCDs are in the ON-position without load.

Within 6 h the ambient air temperature is reduced to $-25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ without any supply of humidity and is kept at this value for 6 h. Within the next 6 h the temperature is increased to $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and the relative humidity is increased to $93\% \pm 3\%$.

These values are again kept for 6 h (end of first cycle).

This cycle (see Figure 23) is performed five times. During these cycles the PRCDs shall not trip. Immediately after the last 6 h period at $-25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ a residual current is passed through any one pole of each PRCD.

The PRCD shall trip within 0,3 s

- for PRCD of type AC, at an alternating residual current of $1,25\ I_{\Delta n}$;
- for PRCD of type A, at a residual pulsating direct current of $1,25 \times 1,4\ I_{\Delta n}$ (for PRCDs with rated residual current greater than 10 mA) or $1,25 \times 2\ I_{\Delta n}$ for PRCDs with rated residual current not exceeding 10 mA. The test is made with $\alpha = 0^\circ$ only.

9.9.5 Additional tests for PRCDs classified according to 4.8.2

9.9.5.1 General

Each test is made at the following values of the line voltage applied to the relevant terminals: 1,1 times and 0,85 times the rated operational voltage.

The PRCD shall be connected in accordance with Table 15.

The test circuit shall be of negligible inductance and shall be in accordance with Figure 24 a) or Figure 24 b), as applicable.

Table 15 – Supply failure and hazardous live protective conductor (PE) connections for test with reference to correct supply connections for LNSE and LLSE types

Type LNSE			Type LLSE			Test clause and comments
PRCD supply connections						
L ₁	L ₂	PE	L	N	PE	Verification of correct operation in the case of LNSE and LLSE types plugged into not compatible supply system. See 9.9.5.4 Figure 25 a) LNSE types, Figure 25 b) LLSE types.
N	L	L	L ₁	L ₂	L ₁	Hazardous live protective conductor 9.9.5.2 Figure 26 a) LNSE types, Figure 26 b) LLSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply See Annex E, Figure E.2, Example 9, LNSE types See Annex E, Figure E.1, Example 2, LLSE types
L	N	L	L ₁	L ₂	L ₂	Hazardous live protective conductor 9.9.5.2 Figure 26 a) LNSE types, Figure 26 b) LLSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply See Annex E, Figure E.2, Example 2, LNSE types See Annex E, Figure E.1, Example 10, LLSE types
L	O	PE				Open neutral: see 9.9.5.3 See Figure 27 a) See Annex E, Figure E.2, Example 3
			O L ₁	L ₂ O	PE PE	Open neutral: see 9.9.5.3 See Figure 27 b) See Annex E, Figure E.1, Example 3
L	N	O	L ₁	L ₂	O	Open protective conductor see 9.9.5.5, see Figure 29 a) LNSE types, Figure 29 b) LLSE types, See Annex E, Figure E.2, Example 4, LNSE types See Annex E, Figure E.1, Example 4, LLSE types

9.9.5.2 Verification of correct performance in the case of hazardous live protective conductor

The verification of hazardous live protective conductor is done with the help of the operator's human body impedance between earth and conductive operating means of the PRCD. The human body impedance shall be simulated with the following five test-impedances in turn.

- Z1 = 2 kΩ
- Z2 = 150 pF
- Z3 = 10 MΩ parallel to 150 pF
- Z4 = 50 MΩ parallel to 150 pF
- Z5 = 50 MΩ parallel to 100 pF

The connection of each test-impedance to the measuring point of the PRCD shall be made by means of a suitable probe, as large as possible and insulated from the human body impedance of the operator. The profile of the probe shall be adapted to the surface of the operating means.

In each case, if the protective conductor is hazardous live, the contacts of the PRCD shall not close.

PRCDs shall be connected in turn as in Figure 26 a) to Figure 26 d), as applicable.

With S_1 in closed position, the PRCD initiating the closing shall be operated in each position.

9.9.5.3 Verification of correct performance in case of open neutral (LNSE / LNE) and open line (LLSE / LLE)

The required performance of PRCDs should take place under the following conditions:

- for LNSE / LNE types
 - do not close even momentarily if the neutral is open;
 - open within 1 s if closed and then the neutral is opened.
- for LLSE / LLE types
 - do not close even momentarily if one line is open;
 - open within 1 s if closed and then one line is opened.

According to its supply, the correct operation of the PRCD in case of open neutral or open line shall be verified by the following tests.

a) LNSE / LNE

The PRCD shall be connected as per Figure 27 a). With S_1 closed and S_2 open, operating the PRCD shall not close the contacts.

b) LLSE / LLE

The PRCD shall be connected as per Figure 27 b). With S_1 closed, S_2 open, S_3 closed, operating the PRCD shall not close the contacts.

Repeat with S_2 closed and S_3 open. Operating the PRCD shall not close the contacts.

c) LNSE / LNE

The PRCD shall be connected as per Figure 27 a). With S_1 closed, S_2 closed, the PRCD shall be in the closed position; then open S_2 (neutral).

The contacts shall open when the supply neutral is opened.

d) LLSE / LLE

The PRCD shall be connected as per Figure 27 b). With S_1 closed, S_2 closed, S_3 closed, the PRCD shall be in the closed position; then open S_2 (L_1).

The contacts shall open.

Repeat with S_2 closed and S_3 open.

The contacts shall open.

9.9.5.4 Behaviour in case of PRCD connected to an incompatible supply system

Where the PRCD is not intended to operate on more than one supply system (LNSE or LLSE), the PRCD shall protect against use on an incompatible supply system.

PRCDs shall be connected as in Figure 25 a) and Figure 25 b), as applicable. The switch S_1 is closed.

When a closing operation is initiated the live contacts shall either:

- remain in the open position, or
- close and reopen in less than 4 seconds.

9.9.5.5 Verification of correct performance in the case of an open protective conductor

9.9.5.5.1 Verification of correct performance in case of missing protective conductor

PRCDs shall be connected as in Figure 29 where an impedance equal to $1\,600\,\Omega$ is connected between the supply protective conductor and the protective conductor terminal of the PRCD. S1 is closed, and S2 is open.

Operating the PRCD shall not close the contacts.

9.9.5.5.2 Verification of correct performance in case of loss of protective conductor

PRCDs shall be connected as in Figure 29 where an impedance equal to $1\,600\,\Omega$ is connected between the supply protective conductor and the protective conductor terminal of the PRCD. S1 is closed, and S2 is closed.

The PRCDs shall be in the closed position; then open S₂ after 5 s.

The PRCDs shall open the contacts within 4 s.

9.9.6 Verification of protective conductor contact behaviour

9.9.6.1 Verification of protective conductor contact coupling when closing

The tests shall verify that the protective conductor does not close later than L or N contacts close. The tests are made at 0,85 times and 1,1 times of rated operational voltage.

9.9.6.2 Verification of protective conductor contact coupling when opening

The tests shall verify that the protective conductor does not open earlier than L and N open. The tests are made at 0,85 times and 1,1 times of rated operational voltage and when the supply voltage is slowly reduced down to 50 V AC the protective conductor contact function should be verified.

9.9.6.3 Verification of the PE contact after closing

This test applies to PRCDs according to 4.6.1.

A PRCD sample shall be prepared in order that the PE contact is open and cannot close.

The PRCD is supplied on the line side with the rated operational voltage and the PRCD closing operation shall be initiated.

The live contacts shall either:

- remain in the open position, or
- close and reopen in less than 4 seconds.

9.9.7 Verification of behaviour in case of external fault current in the protective conductor

The test shall verify that in case of a fault current issued from an external electrical circuit PRCDs shall not switch off the protective conductor.

The PRCD is connected and wired as in normal use.

It is tested in a substantially resistive circuit, the diagram of which is shown in Figure 6 a) and Figure 6 b).

With switch S_1 in the closed position, S_2 in the open position, the PRCD closing operation shall be initiated.

The PRCD is supplied on the line side with the rated operational voltage and the contact of the PRCD are closed.

The second circuit L' is supplied with the rated operational voltage.

S_2 is switched on in order to introduce a residual current equal to $I_{\Delta n}$.

The protective conductor contact of the PRCD shall remain closed in order to ensure that the residual current continues to flow.

9.9.8 Verification of standing current in the protective conductor

PRCD shall be connected as in Figure 28.

A resistor (R1) of $1 \Omega \pm 1 \%$, with an RMS voltmeter connected across it, is connected between the supply protective conductor and the input protective conductor terminal of the PRCD.

The applied voltage is $1,1 U_e$.

The PRCD shall be operated and the voltage drop across the resistor R1 measured.

In opened and closed position of the PRCD, the voltage drop across the resistor shall be measured. The current in the protective conductor is calculated by use of the known resistance value and RMS voltage measurement. The resultant RMS protective conductor current value shall not exceed 1 mA RMS.

If the protective conductor is connected to live parts, test samples shall be prepared as follows.

Before each measurement, each independent protective impedance between protective conductor and line or neutral conductors shall be shorted alternately.

In each short-circuit condition of the independent impedances, the voltage drop across the resistor shall be measured. The current in the protective conductor is calculated by use of the known resistance value and RMS voltage measurement. The resultant RMS protective conductor current value shall not exceed 2 mA RMS.

After testing, the PRCD need not be capable of passing all compliance requirements but it shall meet the requirements of protection against electric shock in accordance with 9.6.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 Normal operation of socket-outlets and plugs of the PRCD

Socket outlets and plugs shall be tested in accordance with the relevant IEC International Standard or according to the relevant national standard.

9.10.2 Test of the RCD part of the PRCD

9.10.2.1 General

The PRCD is prepared according to 9.2.

Endurance tests are made at the rate of four operating cycles per minute, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

9.10.2.2 Test procedure for on-load test

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.

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

The PRCD shall be operated as for normal use.

The opening operations shall be effected as follows.

- a) The first 500 operations are carried out by using the manual operating means, if any.
- b) The following 750 operations are carried out by passing a residual operating current of $I_{\Delta n}$ through one pole.
- c) 250 operations are made by interrupting the supply voltage.
- d) The remaining operations up to a total of 2 000 are carried out by using the test device.

9.10.2.3 Test procedure for off-load test

Following the test of 9.10.2.2, the PRCD is subjected without load, using the manual operating means, to 2 000 operating cycles.

PRCDs are supplied at their rated operational voltage on the supply side.

NOTE For PRCDs without manual operating means, their test device is used for opening operations and the reset device for closing operations.

1 000 additional operating cycles are made by opening the PRCD through switching off the supply voltage and then re-closing it by restoring the supply and, if necessary, by using the operating means.

9.10.2.4 Condition of the PRCD after the tests

Following the tests of 9.10.2.2 and 9.10.2.3, the PRCD shall not show during inspection:

- undue wear;
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard gauge of Figure 3;
- loosening of electrical or mechanical connections;

– seepage of the sealing compound, if any.

Under the test condition of 9.9.2.3, the PRCD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made without measurement of break time.

The PRCD shall then perform satisfactorily for the dielectric strength test specified in 9.7.3, but at a voltage equal to 900 V for 1 min and without previous humidity treatment.

9.11 Verification of the behaviour of the PRCD under overcurrent conditions

9.11.1 List of the overcurrent tests

The various tests to verify the behaviour of the PRCD under overcurrent conditions are shown in Table 16.

Table 16 – Tests to verify the behaviour of PRCDs under overcurrent conditions

Verification	Subclause
Rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.2
Rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$	9.11.2.3
Coordination at 250 A and at the rated conditional short-circuit current I_{nc}	9.11.2.4 a)
Coordination at the rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.4 b)
Coordination at 250 A and at the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$	9.11.2.4 c)
Making and breaking capacity of the plug and socket-outlet(s) separate or incorporated in integral items of the PRCD	9.11.3

For higher levels of performance than those stated in Clause 5 and the relevant power factors, refer to IEC 61008-1.

9.11.2 Short-circuit tests

9.11.2.1 General conditions for test

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

a) Test circuit

Figure 7 gives the diagram of the circuit to be used for the tests.

The supply S feeds a circuit including resistors R, reactors L, the SCPD, if any, the PRCD under test and the additional resistors R_2 and/or R_3 , as applicable.

If the PRCD is already fitted with a fuse (see note 2 of Clause 1), no further SCPD is necessary.

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 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 if 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 shall be shunted by a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

In each test circuit, the resistors R and reactors L are inserted between the supply source S and the PRCD under test.

The SCPD, or the equivalent impedance (see 9.11.2.2 a) and 9.11.2.3 a)), is inserted between the resistors R and the PRCD under test.

The additional resistor R_3 , if used, shall be inserted on the load side of the PRCD under test.

For the tests of 9.11.2.4 a) and c), rewirable PRCDs and intermediate RCD adaptors shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and a maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 7, and non-rewirable PRCDs including adaptors without any additional cable.

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

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

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.

R_2 , suitably calibrated, is a resistance used to obtain one of the following currents:

- a residual current of $10 I_{\Delta n}$ such as to cause the operation of the PRCD within the appropriate minimum operating time specified in Table 2;
- the rated residual making and breaking current $I_{\Delta m}$;
- the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$.

S_1 is an auxiliary switch.

For the purpose of verifying the minimum let-through energy I^2t value and minimum peak current I_p to be withstood by the PRCD in order to obtain reproducible test results, the SCPD shall be embodied by a silver wire using the test apparatus shown in Figure 15.

The silver wire shall have a diameter of 0,35 mm and contain at least 99,9 % pure silver.

The corresponding approximate values of I^2t and I_p are respectively 1 kA²s and 1,02 kA when tested at the rated conditional short-circuit current or at the rated conditional residual short-circuit current (prospective current value: 1 500 A) up to a rated current of 16 A. For higher rated currents, a silver wire of diameter of 0,5 mm shall be used whose corresponding approximate values of let-through energy I^2t and peak current I_p are respectively 4,1 kA²s and 1,5 kA.

The silver wire shall be inserted in the appropriate position of the test apparatus, horizontally and stretched.

The silver wire shall be replaced after each test.

All the conductive parts of the PRCD under test normally earthed in service, including the metal support on which the PRCD is mounted or placed or any metal enclosure (see 9.11.2.1 f)), shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral 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 R1 limiting the value of the prospective fault current to about 100 A.

The current sensor O_1 is connected on the load side of the PRCD under test.

The voltage sensor O_2 is connected across the supply connections of the PRCD under test.

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

PRCDs are supplied on the line side with the rated operational voltage.

In the case of PRCDs dependent on line voltage, in order to permit the breaking operations to be made, it is necessary either to insert the device T making the short circuit or an additional short-circuit-making device in that position on the load side of the PRCD.

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of rated making and breaking capacity and of the correct coordination between PRCD and SCPD 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: +5 %
0
- frequency: ±5 %
- power factor: 0
–0,05
- voltage: ±5 % (including power frequency recovery voltage).

c) Power factor of the test circuit

The power factor 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 H of this document.

The power factor shall be between 0,93 and 0,98.

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 operational voltage of the PRCD under test.

NOTE The value of 105 % of the rated operational voltage is deemed to cover the effects of the variations of the system voltage under normal service conditions.

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 PRCD under test and the SCPD, if any, are replaced by temporary connections G_1 having a negligible impedance compared with that of the test circuit.

For the test of 9.11.2.4 a), the load connections of the PRCD under test are short-circuited by means of connections C of negligible impedance, the resistors R and the reactors L are adjusted so as to obtain, at the test voltage, a current equal to the rated conditional short-circuit current at the prescribed power factor. The test circuit is energized simultaneously in both poles and the current curve is recorded through the current sensor O_1 .

Moreover, for the tests of 9.11.2.2, 9.11.2.3, 9.11.2.4 b) and c), the additional resistors R_2 and/or R_3 are used, as necessary, so as to obtain the required test current values (I_m , $I_{\Delta m}$ and $I_{\Delta c}$ respectively).

f) Condition of the PRCD for test

The PRCD shall be assembled and connected according to the manufacturer's instructions and, as far as applicable, laid on a metal support in free air.

For the opening operation (O) only, a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) mm thick of a size of 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 foil should have the following physical properties:

- density at 23 °C (0,92 ± 0,05) g/cm³;
- melting point 110 °C to 120 °C.

The control mechanism for the switching operations shall simulate as closely as possible the normal manual operation.

It shall be verified that the PRCD under test operates correctly on no-load when it is operated under the specified conditions.

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 PRCD under test and the SCPD, if any, in the closed position;
- CO represents a closing operation of the PRCD under test, both the switch T and the SCPD, if any, being in the closed position, followed by an automatic opening (in the case of a SCPD see 9.11.2.4);
- t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or such longer time as may be required for resetting or renewing the SCPD, if any.

h) Behaviour of the PRCD during tests

During tests, the PRCD under test shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and exposed conductive parts, nor operation of the device F.

Where an integral fuse is fitted, it may operate during the test.

i) Condition of the PRCD after tests

After each of the applicable tests, carried out in accordance with 9.11.2.2, 9.11.2.3, 9.11.2.4 a), 9.11.2.4 b), and 9.11.2.4 c), the PRCD under test shall show no damage impairing its further use and the polyethylene foil shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

The PRCD shall be capable, without maintenance, of:

- complying with the requirements of 9.7.3, but at a voltage equal to twice its rated operational voltage, for 1 min without previous humidity treatment;
- making and breaking its rated current at its rated operational voltage.

For a PRCD according to 4.6.1, opening of the PE contact shall be ensured.

Under the test conditions of 9.9.2.2 a), the PRCD shall trip at a test current of 1,25 $I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break-time.

PRCDs shall be capable of satisfying the test of 9.17, if applicable.

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

This test is intended to verify the ability of the PRCD to make, to carry for a specified time and to break short-circuit currents, while a residual current causes the PRCD to operate.

a) Test conditions

The PRCD is tested in a circuit according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.1, no external SCPD being inserted in the circuit.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the PRCD and by connections having approximately the impedance of the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

b) Test procedure

With a residual operating current equal to $10 I_{\Delta n}$ flowing through the switch S_1 and the resistance R_2 , the following sequence of operation is performed:

CO – t – CO – t – CO

9.11.2.3 Verification of the rated residual short-circuit making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

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

a) Test conditions

The PRCD shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.1, no external SCPD being inserted in the circuit, but connected in such a manner that the short-circuit current is a residual current.

For this test the resistors R_3 are not used, the circuit being left open.

The current path which does not carry the residual short-circuit current is connected to the supply voltage at its line terminal.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the PRCD and by connections having approximately the impedance of the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

The test is performed on each of both poles in turn.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO

For the breaking operation the auxiliary switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the point of initiation is $(45 \pm 5)^\circ$.

9.11.2.4 Verification of the coordination between the PRCD and the SCPD

These tests are intended to verify that the PRCD protected by the SCPD is able to withstand without damage short-circuit currents up to its rated conditional short-circuit current (see 5.3.9 and 5.3.10).

The short-circuit current is interrupted by the association of the PRCD and the SCPD.

During the test either the PRCD or the SCPD or both may open. However, if only the PRCD opens, the test is also considered as satisfactory.

The SCPD is renewed or reset, as applicable, after each operation.

The following tests (see also Table 16) are made under the general conditions of 9.11.2.1:

- a test made without establishing any residual current to verify that up to the rated conditional short-circuit current I_{nc} the SCPD protects the PRCD, in accordance with a) below;
- a test made without establishing any residual current to verify that at a short-circuit current corresponding to the rated making and breaking capacity I_m , the SCPD operates and protects the PRCD, in accordance with b) below);
- a test to verify that in the case of phase-to-earth short circuits with currents up to the value of the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$, the PRCD is able to withstand the corresponding stresses, due to the protection by the SCPD, in accordance with c) below).

For the breaking operations, the auxiliary switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the point of initiation is $(45 \pm 5)^\circ$.

a) Verification of the coordination at 250 A and at the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

1) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the PRCD under test and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains open. No residual current is established.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO

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

1) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the PRCD under test and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains open. No residual current is established.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO

c) Verification of the coordination at 250 A and at the rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)

1) Test conditions

The PRCD shall be connected in such a manner that the short-circuit current is a residual current.

The test is performed on one pole only.

The current path which does not carry the residual short-circuit current is connected to the supply at the line terminal.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the PRCD under test and by the SCPD.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO

9.11.3 Verification of the making and breaking capacity of the plug and socket-outlet(s) of the PRCD, separate or incorporated in integral items

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.12 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.12.1 General

PRCDs shall have adequate mechanical strength to withstand the stresses imposed during normal use, as defined in Table 17.

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

Table 17 – List of tests of resistance to mechanical shock and impact

Item to be tested	Test clause
For adaptors of 4.1.1 classified according to 4.5.1	9.12.2
For adaptors of 4.1.1, classified according to 4.5.2	9.12.2 and 9.12.6
For devices of 4.1.2.1, 4.1.2.2, 4.1.2.3, 4.1.3.1, 4.1.3.2, 4.1.4.1 and 4.1.4.2	9.12.2 and 9.12.6
For screwed glands of PRCDs	9.12.3
For plug pins provided with insulating sleeves	9.12.4
For shutters of shuttered socket-outlets	9.12.5

9.12.2 The samples are tested in a tumbling barrel as shown in Figure 8.

Rewireable PRCDs are fitted with the flexible cable or cord specified in Table 5 and a free length of approximately 100 mm or less, if necessary, to ensure free fall.

Terminal screws and assembly screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12.

Non-rewireable PRCDs are tested as delivered, the flexible cable or cord, if any, being cut so that a free length of about 100 mm or less, if necessary, to ensure free fall, projects from the accessory.

The samples fall from a height of 50 cm onto a steel plate, 3 mm thick, the number of falls being 25.

The barrel is turned at a rate of five revolutions per minute, 10 falls per minute thus taking place.

Only one sample is tested in the barrel at a time.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this document. In particular:

- no part shall have become detached or loosened;
- the pins shall not have become so deformed that the plug cannot be introduced into a socket-outlet complying with the relevant national standard or if not available according to IEC 60884-1;
- the pins shall not turn when a torque of 0,4 Nm is applied without jerks, first in one direction for 1 min and then in the opposite direction for 1 min;
- if relevant, the RCD shall operate when a residual current of $1,25 I_{\Delta n}$ is applied to one pole chosen at random, the break time being not measured;
- after this test, protection against electric shock shall not be affected and the sample shall comply with the requirements of 9.6.

NOTE 1 During the examination after the test, special attention is paid to the connection of the flexible cable or cord. Small pieces can be broken off without causing rejection provided that protection against electric shock is not affected.

NOTE 2 Damage to the finish and small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.1.4 are neglected.

9.12.3 Screwed glands are fitted with a cylindrical metal rod having a diameter equal to the nearest whole number, in millimetres, below the internal diameter of the packing.

The glands are then tightened by means of a suitable spanner, the torque shown in Table 18 being applied to the spanner for 1 min.

Table 18 – Torque applied to the spanner for the test of 9.12.3

Diameter of test rod mm	Torque Nm	
	Metal glands	Glands or moulded material
Up to and including 14	6,25	3,75

After the test, the glands and the enclosures of the samples shall show no damage within the meaning of this document.

9.12.4 Plug pins provided with insulating sleeves are tested according to national standards or, if not available, according to IEC 60884-1, by means of the apparatus.

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.12.5 Shutters shall be so designed that they withstand the mechanical force which may be expected in normal use, for example when a pin of a plug is inadvertently forced against the shutter of a socket-outlet entry hole.

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.12.6 Rewireable samples are fitted with the lightest type of flexible cable or cord of the smallest cross-sectional area specified in Table 20.

Non-rewireable samples are tested as delivered.

For PRCDs classified according to 4.5.2 the test shall be performed at $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

The free end of the cable or cord is fixed to a wall at a height of 750 mm above the floor, as shown in Figure 14.

For PRCDs classified according to 4.1.1, the test shall be performed without cord.

The sample is held so that the cable or cord is horizontal and is then allowed to fall onto a concrete floor, eight times, the cable or cord being rotated through 45° at its fixing between each fall.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this document. In particular, no part shall have become detached or loosened.

NOTE Small chips and dents which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

If applicable, the PRCD shall operate when a residual current of $1,25 I_{\Delta n}$ is applied to one pole chosen at random, no measurement of break-time being made.

After this test the protection against electric shock shall not be affected and the sample shall comply with the requirements of 9.6.

9.13 Test of resistance to heat

9.13.1 The tests are made according to 9.13.2, 9.13.3 and 9.13.4 as applicable.

The tests of 9.13.3 and 9.13.4 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.13.3 and 9.13.4 are made of the same material, the test is carried out only on any one of these parts, according to 9.13.3 or 9.13.4, as applicable.

9.13.2 The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

During the test, they 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 not accessible in normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Under the test condition of 9.9.2.2 a), the PRCD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. Only one test is made, on one pole taken at random, without measurement of break-time.

After the test, the marking shall still be legible.

NOTE Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this document.

9.13.3 External parts of PRCDs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts or parts of the protective circuit and parts retaining the terminals or terminations in position are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 10.

Parts of the front surface zone of thermoplastic material of 2 mm width surrounding the phase and neutral pins entry holes of socket-outlets are also to be subjected to this test.

The part under test shall be placed on a steel plate at least 3 mm thick and in direct contact with it.

The part is placed on the steel support with the appropriate surface to be tested in the horizontal position. A steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test load and the supporting means shall be placed within the heating cabinet for a sufficient time to ensure that they have attained the stabilized test temperature before the test commences.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then immersed 10 s in cold water to cool it to approximately room temperature.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.13.4 External parts of PRCDs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.13.3, but the test is made at a temperature of $(70 + 2) ^\circ\text{C}$ or $(40 + 2) ^\circ\text{C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is the higher.

9.14 Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire

9.14.1 General

Compliance is checked by the tests of 9.14.2 and, in addition, for plugs with pins provided with insulating sleeves, by the test according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.14.2 Glow-wire test

The test is performed according to IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11 under the following conditions:

- for parts of insulating material necessary to retain current-carrying parts and parts of the earthing circuit in position, by the test made at a temperature of $750 ^\circ\text{C}$;
- for parts of insulating material not necessary to retain current-carrying parts and parts of the earthing circuit in position, even though they are in contact with them, by the test made at a temperature of $650 ^\circ\text{C}$.

If the tests specified have to be made at more than one place on the same sample, care shall be taken to ensure that any deterioration caused by previous tests does not affect the result of the test to be made.

Small parts, such as washers, are not subjected to the test of this Subclause 9.14.2.

The tests are not made on parts of ceramic material.

If possible, the sample should be a complete PRCD.

If the test cannot be made on a complete PRCD, a suitable part may be cut from it for the purpose of the test.

The test is made on one sample.

In case of doubt, the test shall be repeated on two further samples.

The test is made by applying the glow-wire once.

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).

The tip of the glow-wire shall be applied to the specified surface of the sample taking into account the conditions of the intended use under which a heated or glowing element may come into contact with the sample.

The sample is considered as having passed the glow-wire test if one of the following conditions is met:

- there is no visible flame and no sustained glowing;
- flames and glowing at the sample extinguish within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the board.

9.15 Verification of the trip-free mechanism

9.15.1 General test conditions

The PRCD is connected and wired as in normal use.

It is tested in a substantially resistive circuit, the diagram of which is shown in Figure 24.

9.15.2 Test procedure

With test switch S_1 in the closed position, S_2 in the open position and S_3 in position 1, the PRCD closing operation shall be initiated.

A residual current equal to $1,5 I_{\Delta n}$ is passed by closing the switch S_2 , the PRCD being previously closed and the operating means being held in the closed position. The PRCD shall trip.

The test is carried out three times.

If the PRCD is fitted with more than one operating means, the trip-free operation is verified for each operating means.

9.16 Verification of the test device

9.16.1 Verification of the operation of the test device to disconnect the load

- With the PRCD being supplied with a voltage equal to 0,85 times the rated operational voltage or, in the case of more than one rated operational voltages, at 0,85 times the lowest rated operational voltage, the test device is momentarily actuated 25 times at intervals of 5 s, the PRCD being re-closed before each operation.
- Test a) is then repeated at 1,1 times the rated operational voltage or, in case of more than one rated operational voltages, at 1,1 times the highest rated operational voltage.
- Test b) is then repeated, but only once, the operating means of the test device being held in the closed position for 30 s.

At each test, the PRCD shall operate. After the test, it shall show no change impairing its further use.

9.16.2 Verification of the ampere-turns

In order to check that the ampere-turns due to the operations of the test device are less than 3,5 times the ampere-turns produced by a residual current equal to $I_{\Delta n}$ at the rated operational voltage or, in case of more than one rated operational voltage, at the highest rated operational voltage, the impedance of the circuit of the test device is measured and the test current is calculated, taking into account the configuration of the circuit of the test device.

If, for such verification, the dismantling of the PRCD is necessary, a separate sample shall be used.

9.17 Verification of the behaviour of PRCDs in case of failure of the line voltage

9.17.1 Determination of the limiting value of the line voltage (U_x)

The PRCD is connected and wired as in normal use.

It is tested in a substantially resistive circuit, the diagram of which is shown in Figure 24.

With switch S_1 in the closed position, S_2 in the open position and S_3 in position 1, the PRCD closing operation shall be initiated.

A voltage equal to the rated operational voltage or, in case of more than one rated operational voltage, any one rated operational voltage is applied to the line terminals of the PRCD. The PRCD is then reset. The supply voltage is then progressively lowered so as to attain zero within a period of about 30 s until automatic opening occurs.

The voltage at which the automatic opening occurs is measured.

The test is carried out five times.

Automatic opening of the PRCD shall occur at a voltage less than 0,85 times the rated operational voltage (or, if relevant, less than 0,85 times the lowest rated operational voltages).

At the end of these measurements, a voltage equal to the rated operational voltage is re-applied to the PRCD and the PRCD is again reset. The supply voltage is then lowered to a level 5 % above the highest of the previously measured voltage value at which the opening occurred, but not less than 50 V. It shall be verified under these conditions that the PRCD operates within 300 ms when a residual current equal to $1,25 I_{\Delta n}$ is applied.

Then it shall be checked that for any value of the line voltage less than the lowest value which is measured, it shall not be possible to close the apparatus by the manual operating means.

9.17.2 Verification of the behaviour in case of failure of the line voltage

The PRCD is connected and wired as in normal use.

It is tested in a substantially resistive circuit, the diagram of which is shown in Figure 24.

With switch S_1 in the closed position, S_2 in the open position and S_3 in position 1, the PRCD closing operation shall be initiated.

The PRCD is supplied on the line side with the rated operational voltage (or, if relevant, with a voltage having any value within its range of rated operational voltages) and is closed.

The supply voltage is interrupted for a period of (25 ± 5) ms. The PRCD shall not open automatically.

Following this test, the supply voltage is interrupted for a period of 0,5 s. The PRCD shall open automatically.

The PRCD is then supplied at rated operational voltage and S_2 is switched on, in order to introduce a residual current equal to $I_{\Delta n}$. The PRCD shall open within 0,3 s.

PRCDs shall not re-close at restoration of the line voltage.

The above series of tests is performed five times.

NOTE Verification of the value of U_y (see 3.2.4.3.2) is not considered in this document.

9.17.3 Verification of the re-closing of PRCDs classified according to 4.3.2 at restoration of the line voltage after automatic opening on failure of the line voltage

A slowly rising supply voltage is applied so as to obtain the rated operational voltage or, in the case of a range of rated operational voltages, the lowest rated operational voltage starting from zero within 30 s. The PRCD shall re-close at a voltage equal or higher U_x and before the voltage reaches 0,85 times the rated operational voltage.

9.18 Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions

The PRCD is connected as for normal use with a substantially non-inductive load corresponding to a current of $4 I_n$.

PRCDs are supplied on the line side with the rated operational voltage (or, if relevant, with a voltage having any value within its range of rated operational voltages).

The load is switched on by a two-pole test switch and then switched off after 1 s.

The PRCD shall not open.

The test is repeated three times, the interval between two successive closing operations being at least 1 min.

If relevant, an integral fuse may be replaced by a link.

9.19 Verification of resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages for PRCDs of $I_{\Delta n} \geq 0,010 \text{ A}$

The PRCD is tested using a surge generator capable of delivering a damped oscillatory current as shown in Figure 19. An example of circuit diagram for the test of the PRCD is shown in Figure 20. One pole of the PRCD, chosen at random, is submitted to 10 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 sample of a PRCD of the same type to meet the following requirements:

- peak value: 25 A with a tolerance of +10 % and –0 %;
- virtual front time: 0,5 μs with a tolerance of ± 30 %;
- period of the following oscillatory wave: 10 μs with a tolerance of ± 20 %;
- each successive peak: about 60 % of the preceding peak.

During the tests, the PRCD shall not trip.

9.20 Verification of the correct operation with residual currents having a DC component for PRCDs according to 4.4.2

9.20.1 General

For PRCDs according to 4.4.2 the test conditions of 9.9.1 apply, except that the test circuits shall be those shown in Figure 4 and Figure 5, as applicable.

9.20.2 Verification of the correct operation in case of a continuous rise of a residual pulsating direct current

The test shall be performed according to Figure 4.

The auxiliary switches S_1 and S_2 and the PRCD under test are closed. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° and 135° are obtained. Each pole of the PRCD shall be tested twice at each of the current delay angles, twice in position I and twice in position II of the auxiliary switch S_3 .

At each test the current, starting from zero, shall be steadily increased within 30 s to

- $1,4 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

The tripping current shall be in accordance with Table 19.

Table 19 – Tripping current ranges for PRCDs in case of pulsating DC current

Angle α	Tripping current A	
	Lower limit (for all values of $I_{\Delta n}$)	Upper limit for all values of α
0°	$0,35 I_{\Delta n}$	For $I_{\Delta n} \leq 10$ mA: $2 I_{\Delta n}$ *
90°	$0,25 I_{\Delta n}$	For $I_{\Delta n} > 10$ mA: $1,4 I_{\Delta n}$
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	
* In the USA, the value 30 mA is accepted for $I_{\Delta n} < 10$ mA.		

9.20.3 Verification of the correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents

The PRCD shall be tested according to Figure 4.

The circuit is successively calibrated at the values of I_{Δ} given in Table 2 multiplied by

- $1,4 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

Two measurements of the break time are made at each of those values at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$, with the auxiliary switch S_3 in position I for the first measurement and in position II for the second measurement.

No value shall exceed the specified limiting values given in Table 2.

9.20.4 Verification at the reference temperature of the correct operation with load

The tests of 9.20.2 are repeated, the PRCD being loaded with the rated current, this current being established shortly before the test.

NOTE The loading with rated current is not shown in Figure 4.

9.20.5 Verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current of 0,006 A

The PRCD shall be tested according to Figure 5 with a half-wave rectified residual current (current delay angle $\alpha = 0^\circ$) superimposed by a smooth direct current of 0,006 A.

Each pole of the PRCD is tested in turn, twice in position I and twice in position II.

At each test the half-wave current I_1 , starting from zero, shall be steadily increased within 30 s, to:

- $1,4 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ for PRCDs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

The PRCD shall trip before the current reaches the value $1,4 I_{\Delta n} + 6$ mA or $2 I_{\Delta n} + 6$ mA, as applicable.

9.21 Verification of reliability

9.21.1 Climatic test

9.21.1.1 General

The test is based on IEC 60068-2-30 taking into account IEC 60068-3-4.

9.21.1.2 Test chamber

The chamber shall be constructed as stated IEC 60068-2-30. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and shall not be used again until it has been purified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than 500 Ω m and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test the resistivity should be not less than 100 Ω m and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.21.1.3 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: (55 ± 2) °C;
- number of cycles: 28.

9.21.1.4 Testing procedure

The test procedure shall be in accordance IEC 60068-2-30 and IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the PRCD to the test according to 9.9.2.3, but only at $I_{\Delta n}$.

b) Conditioning

1) The PRCD connected as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position. PRCDs shall be supplied at rated operational voltage or, in the case of more than one rated operational voltage, at any one rated operational voltage.

2) Stabilizing period (see Figure 16)

The temperature of the PRCD shall be stabilized at (25 ± 3) °C

- either by placing the PRCD in a separate chamber before introducing it into the test chamber;
- or by adjusting the temperature of the test chamber to (25 ± 3) °C after the introduction of the PRCD and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits prescribed for standard atmospheric conditions for testing (see Table 4).

During the final hour, with the PRCD in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

3) Description of the 24-hour cycle (see Figure 17)

- i) The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.21.1.3. The upper temperature shall be achieved in a period of $3 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area of Figure 17.

During this period, the relative humidity shall be not less than 95 %. Condensation shall occur on the PRCD during this period.

The condition that condensation occurs implies that the surface temperature of the PRCD is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 %, if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

- ii) The temperature shall then be maintained at a substantially constant value, within the prescribed limits of $\pm 2 ^\circ\text{C}$ for the upper temperature, for $12 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ from the beginning of the cycle.

During this period the relative humidity shall be $(93 \pm 3) \%$, except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the PRCD during the last period of 15 min.

- iii) The temperature shall then fall to $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ within 3 h to 6 h. The rate of fall for the first $1 \text{ h} 30 \text{ min}$ shall be such that, if maintained as indicated in Figure 17, it would result in a temperature of $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ being attained in $3 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$. During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

- iv) The temperature shall then be maintained at $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ with a relative humidity not less than 95 %, until the 24-hour cycle is completed.

9.21.1.5 Recovery

At the end of the cycles, the PRCD shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation is stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles, the PRCD shall not trip.

9.21.1.6 Final verification

Under the conditions of tests specified in 9.9.2.3, the PRCD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break-time.

9.21.2 Test with temperature of $40 ^\circ\text{C}$

The PRCD is placed as for normal use on a dull black painted plywood support, about 20 mm thick.

For each pole, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 11. is connected on each side of the PRCD, the terminal screws or nuts being tightened by a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12. The assembly is placed in a heating cabinet.

Non-rewireable PRCDs are tested as delivered.

The PRCD is loaded with a current equal to the rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and thereafter 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch, the PRCD being not operated.

PRCDs are supplied at the rated operational voltage or, in the case of more rated operational voltages, at any one rated operational voltage.

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples. This temperature rise shall not exceed 50 K.

After this test the PRCD is allowed to cool down in the cabinet to approximately room temperature without current passing.

Under the conditions of tests specified in 9.9.2.3, the PRCD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random without measurement of break-time.

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

9.22 Verification of ageing

The PRCD and its electronic components, if any, shall comply with the two following tests, as relevant.

a) Resistance to ageing

Parts intended for decorative purposes only, such as certain lids, are to be removed before the test.

PRCDs are tested after having been mounted and assembled as for normal use, in a heating cabinet with an atmosphere having the composition and pressure of the ambient air and ventilated by natural circulation.

The temperature in the cabinet shall be $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

The samples are kept in the cabinet for 7 days (168 h).

The use of an electrically heated cabinet is recommended.

Natural circulation may be provided by holes in the walls of the cabinet.

After the treatment the samples are removed from the cabinet and kept at room temperature and relative humidity between 45 % and 55 % for at least 4 days (96 h).

The samples shall show no crack visible with normal or corrected vision without additional magnification, nor shall the material have become sticky or greasy, this being judged as follows.

With the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth, the sample is pressed with a force of 5 N. No traces of the cloth shall remain on the sample and the material of the sample shall not stick to the cloth.

After the test, the samples shall show no damage which would lead to non-compliance with this document.

NOTE 1 The force of 5 N can be obtained in the following way.

The samples are placed on one of the pans of a balance and the other pan is loaded with a mass equal to the mass of the sample plus 500 g.

Equilibrium is then restored by pressing the sample with the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth.

b) Ageing of electronic components

NOTE 2 A revision of this test is under consideration.

The PRCD is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the voltage corresponding to the rated operational voltage of the PRCD or in case of more than one rated operational voltage, at the voltage corresponding to the highest rated operational voltage. After this test, the PRCD in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

Under the test conditions specified in 9.9.2.3, the PRCD shall trip at a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random without measurement of break-time.

NOTE 3 An example of a test circuit for this verification is given in Figure 18.

9.23 Resistance to tracking

Ceramic materials and materials having a comparative tracking index (CTI) higher than 400 are not tested.

For other materials compliance is checked by the test of IEC 60112 with the following parameters.

- *A flat surface of the part to be tested, if possible, at least $15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$, is placed in the horizontal position.*
- *The material under test shall show a proof-tracking index of 175 V using test solution A with the interval between drops of $30 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$.*
- *No burning, no flashover or breakdown between electrodes shall occur before a total of 50 drops has fallen.*

NOTE Care is taken that the electrodes are clean, correctly shaped and correctly positioned before each test is started, see Figure 11.

In case of doubt, the test is repeated, if necessary, on a new set of samples.

9.24 Test on pins provided with insulating sleeves

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.25 Test of mechanical strength of non-solid pins of plugs and portable socket-outlets

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.26 Verification of the effects of strain on the conductors

The flexible cable or cord, with the maximum cross-section according to Table 20, is connected to the PRCD in such a way that the current-carrying conductors are led from the strain relief to the corresponding terminals along the shortest possible path.

After they are connected, the core of the earthing conductor is led to its terminal and cut off at a distance 8 mm longer than necessary for its correct connection.

The earthing conductor is then connected to the terminal as well. It shall then be possible to house the loop, which is formed by the earthing conductor owing to its surplus length, freely in the wiring space without squeezing or pressing the core when the shell or cap of the PRCD is remounted and fixed correctly.

9.27 Checking of the torque exerted by plug-in PRCDs on fixed socket-outlets

Compliance is checked according to national standard or if not available according to IEC 60884-1.

9.28 Tests of the cord anchorage

The effectiveness of the retention is checked by the following test by means of an apparatus as shown in Figure 12.

Non-rewireable PRCDs are tested as delivered.

Plugs and socket-outlets that have already been type-tested to national standard or if not available according to IEC 60884-1 need not be tested again.

Rewireable accessories are tested with each of the types of cable or cord complying with IEC 60245 shown in Table 20.

Table 20 – Make-up of cables suitable for the retention test of rewireable PRCDs

Rating of the PRCD A	Type of cable or cord	Number of conductors and nominal cross-sectional area mm ²	Limits for external dimensions for cables and cords mm	
			Min.	Max.
6	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1	6,5	9,2
10	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1,0	6,5	9,2
13-16	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1,5	6,5	11,0
20	60245 IEC 53	3 × 1 3 × 2,5	7,0	13,0
32	60245 IEC 53 60245 IEC 66	3 × 2,5 3 × 6	10,0	20,0
NOTE This table complies with IEC 60884-1:2002/AMD2:2013, Table 19.				

Conductors of the flexible cable or cord of rewireable accessories are introduced into the terminals and the terminal screws are tightened just sufficiently to prevent the position of the conductors from easily changing.

The cord anchorage is used in the normal way. Clamping screws, if any, are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12.

After reassembly of the sample, the component parts shall fit snugly, and it shall not be possible to push the cable or cord into the sample to any appreciable extent.

The sample is placed in the test apparatus so that the axis of the cable or cord is vertical where it enters the sample.

The cable or cord is then subjected 100 times to a pull of 60 N.

The pulls are applied each time for 1 s without jerks.

Care should be taken to exert the same pull simultaneously on all parts (core, insulation and sheath) of the flexible cable or cord.

Immediately afterwards, the cable or cord is subjected for 1 min to a torque of 0,25 Nm.

After the tests, the cable or cord shall not have been displaced by more than 2 mm with the cable subjected to the pull of 60 N. For rewirable accessories, the end of the conductors shall not have moved noticeably in the terminals. For non-rewirable accessories, there shall be no break in the electrical connections.

For the measurement of the longitudinal displacement, a mark is made on the cable or cord while it is subjected to the pull, at a distance of approximately 2 cm from the end of the sample or the cord guard, before starting the tests. If, for non-rewirable accessories, there is no definite end to the cord-connected part of the PRCD an additional mark is made on the body of this part.

9.29 Flexing test of non-rewirable PRCDs

A flexing test is made by means of an apparatus as shown in Figure 13.

Plugs and socket-outlets that have already been type-tested to national standard or if not available according to IEC 60884-1 need not be tested again.

The sample is fixed to the oscillating member of the apparatus so that, when this is at the middle of its travel, the axis of the flexible cable or cord, where it enters the sample, is vertical and passes through the axis of oscillation.

Samples with flat cords are mounted so that the major axis of the section is parallel to the axis of oscillation.

The sample shall be fixed in the test apparatus in the following way:

- plugs: on the pins;
- portable socket-outlets: at a distance of 4 mm to 5 mm from the engagement face in the direction of the cord. A test plug having the maximum dimensions shall be inserted into the portable socket-outlet during the test.

The PRCD is so positioned, by variation of the distance between the fixing part of the oscillating member and the axis of oscillation, that the cord makes the minimum lateral movement when the oscillating member of the test apparatus is moved over its full travel.

In order to have the possibility of finding easily by experiment the mounting position with the minimum lateral movement of the cord during the test, the flexing apparatus should be built in such a way that the different supports for the accessories mounted on the oscillating member can be readily adjusted.

It is recommended that the test apparatus has provisions (e.g. a slot or a pin) making it possible to see whether the cord makes the minimum lateral movement.

The cable or cord is loaded with a mass such that the force applied is:

- 20 N for PRCDs with cables or cords having a nominal cross-sectional area exceeding 0,75 mm²;
- 10 N for other PRCDs.

A current equal to the rated current of the PRCD or to the following current, whichever is the lower, is passed through the conductors:

- 16 A for PRCDs with cables or cords having a nominal cross-sectional area exceeding 0,75 mm²;
- 10 A for PRCDs with cords having a nominal cross-sectional area of 0,75 mm².

The voltage between the conductors shall be the rated operational voltage of the PRCD or, in the case of more than one rated operational voltage, the highest rated operational voltage.

The oscillating member is moved through an angle of 90° (45° on either side of the vertical). The number of flexing operations is 10 000 at the rate of 60 per minute.

NOTE 1 A flexing operation is one movement, either backwards or forwards.

Samples with circular section cables or cords are turned through 90° in the oscillating member after 5 000 flexing operations. Samples with flat cords are only bent in a direction perpendicular to the plane containing the axes of the conductors.

During the flexing test, there shall be:

- no interruption of the current;
- no short circuit between conductors.

NOTE 2 A short circuit between the conductors of the flexible cable or cords is considered to occur if the current attains a value equal to twice the test current of the PRCD.

The voltage drops between each contact and the corresponding conductor loaded with the test current shall not increase by more than 10 mV.

After the test the guard, if any, shall not have become separated from the body and the insulation of the flexible cable or cord shall show no sign of abrasion or wear. Broken strands of the conductor shall not have pierced the insulation so as to become accessible.

9.30 Verification of the electromagnetic compatibility (EMC)

See Annex D.

9.31 Tests replacing verifications of creepage distances and clearances for electronic circuits connected between live conductors (phases and neutral) and/or between live conductors and the earth circuit when the contacts are in the closed position

9.31.1 PRCDs 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 PRCD shall be in accordance with the operating characteristics marked on the component and/or given in the data provided by the manufacturer.

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

Compliance is checked by subjecting the PRCDs to a heating test under fault conditions as described in 9.31.3 and to a verification of protection against electric shock as prescribed in 9.6.

9.31.3 Unless otherwise specified, the tests are made on PRCDs while they are mounted, connected and loaded as specified in 9.8.

Examination of the PRCD and its circuit diagram will show the fault conditions which 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. Only one test is carried out for each of the following fault conditions.

- a) Short circuit across clearances and creepage distances, if smaller than those given by curve A of Figure 21 with the following exception:

In the requirements for clearances and creepage distances between conductors (one of which may be connected to one pole of the supply mains), which are on a printed board complying with the pull-off and peel strength requirements specified in the IEC 61249-2 series, the values given by Figure 21 are replaced by the values calculated from the following formula:

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

where

d is the distance, in mm;

V is the peak value of the voltage, in volts.

NOTE 1 These distances can be determined by reference to Figure 22.

NOTE 2 The above reduced values apply to the conductors themselves, but not to mounted components or associated soldered connections. A lacquer coating or the like on printed boards is ignored when calculating the distances.

Clearances and creepage distances complying with the requirements of Table 6 and printed boards with type 2 coating complying with IEC 60664-3 are excluded from this test.

- b) Short circuit across insulation consisting of lacquer or enamel coatings
c) Short circuit or interruption of semiconductors

For integrated circuits and other semiconductor devices with more than two terminals the number of tests implied make 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 PRCD 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 PRCD with the requirements of the last two paragraphs of this Subclause 9.31.3 have to be investigated by this method.

- d) Short circuit of electrolytic capacitors
e) Short circuit or disconnection of resistors, inductors or capacitors

Condition e) need not be applied if these components comply with the requirements of 9.32.

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 for the tests in b) and c) above. They may exceed those values in the test a).

After the tests a) to e) the PRCDs may no longer be capable of meeting all their performance requirements, but they shall comply with the requirements of protection against electric shock according to 9.6.

Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions

Parts of the PRCD	Maximum permissible temperature (°C) under specific abnormal conditions
Accessible parts	
Knobs, handles, accessible surfaces, enclosures, if:	
– metallic	100
– non-metallic ¹⁾	100
	2)
Internal surfaces of insulating enclosures	135
Supply cords and wiring insulation with: ³⁾ , ⁶⁾	
– polyvinyl chloride or synthetic rubber	135
– natural rubber	
Other insulations ³⁾ :	
– thermoplastic materials ⁴⁾	5)
– non-impregnated paper	105
– non-impregnated cardboard	115
– impregnated cotton, silk, paper and textile	125
– laminates based on cellulose or textile, bonded with	
• phenol-formaldehyde, melamine-formaldehyde, phenol-furfural or polyester	145
• epoxy	185
– mouldings of	
• phenol-formaldehyde, or phenol-furfural, melamine and melamine	
phenolic compounds with	
– cellulose fillers	165
– mineral fillers	185
• thermosetting polyester with mineral fillers	185
• alkyd with mineral fillers	185
– composite materials of:	
• polyester with fibre glass reinforcement	185
• epoxy with fibre glass reinforcement	185
– silicone rubber	225
Parts of thermoplastic materials ⁴⁾ acting as support or as a mechanical barrier	5)
Winding wires insulated with ³⁾ , ⁶⁾	
• non-impregnated silk cotton, etc.	110
• impregnated silk cotton, etc.	135
• oleoresinous materials	170
• polyvinyl-formaldehyde or polyurethane resins	185
• polyester resins	190
• polyesterimide resins	215
Core laminations	As for the relevant windings
Terminals and parts which may come into contact with cable insulation when installed	135
1) If this temperature is higher than that allowed by the class of the relevant insulating material, the nature of the material is the governing factor. 2) The admissible temperatures for the internal part of insulating enclosures are those indicated for the relevant insulating materials. 3) In this document, the permissible temperatures are based on service experience in relation to the thermal stability of the materials. The materials quoted are examples. For materials for which higher temperature limits are claimed and for materials other than those listed, the maximum temperatures should not exceed those which have been proved to be satisfactory. 4) Natural rubber and synthetic rubbers are not considered as being thermoplastic materials. 5) Due to their variety, it is not possible to specify permissible temperatures for thermoplastic materials. The matter is under consideration. 6) The possibility of raising the values for wires and cables insulated with heat-resistant polyvinyl chloride is under consideration.	

9.32 Requirements for capacitors and specific resistors and inductors used in electronic circuits connected between live conductors (phases and neutral) and/or between live conductors and the earth circuit when the contacts are in the closed position

9.32.1 Capacitors

Capacitors shall comply with the requirements of IEC 60384-14.

The relevant types are:

- X_1 or X_2 when relating to interference;
- Y_1 or Y_2 when relating to shock hazard.

These capacitors shall be marked with their rated voltage in volts, their rated capacitance in microfarads and their reference temperature in degrees Celsius, or the manufacturer may provide data sheets.

9.32.2 Resistors and inductors

Resistors and inductors, the short-circuiting or disconnection of which are likely to cause unsatisfactory results in the tests of 9.31, shall comply with the relevant safety requirements of IEC 60065.

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

9.33 Verification of the behaviour of the PRCD under temporary over voltage (TOV) conditions

9.33.1 General

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

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

The voltage is applied to the supply terminals.

Verification is carried out according to the tests of 9.33.2.

After the test, the PRCD shall be verified according to 9.33.3.

9.33.2 Test for all PRCDs

The PRCD being in the closed position, a voltage of $\sqrt{3} \times U_e$ is applied for 1 h between neutral and phase for PRCDs according to 4.7.1 or between phase and phase for PRCDs according to 4.7.2.

During the test, the PRCD may trip automatically. No flashover or breakdown shall occur. Glow discharges without drop in voltage are ignored.

For PRCD that do not trip during this test, it shall be verified that, after 1 h under these conditions, the PRCD operates with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$ without measurement of break time.

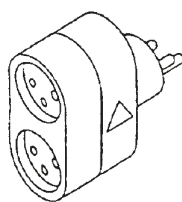
For PRCDs that trip during the test, it shall be verified that after 1 h by reclosing the PRCD at the voltage of U_0 , that the PRCD operates with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break time.

9.33.3 Verification after the tests

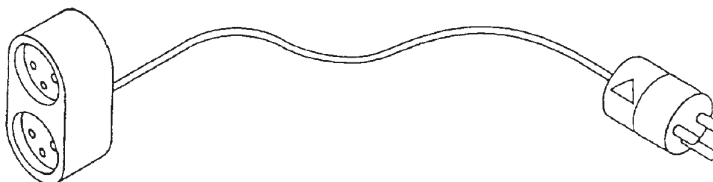
After the tests, the PRCD is then supplied at rated operational voltage. Operating the PRCD shall close the contacts. The PRCD shall show no visible damage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

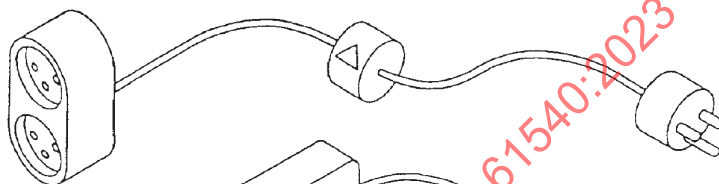
4.1.1
Intermediate adaptor



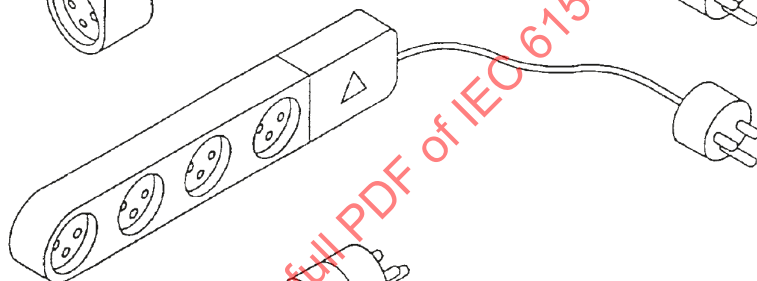
4.1.2.1
Non rewirable cord
extension set, RCD
incorporating the plug



4.1.2.2
RCD cord extension set



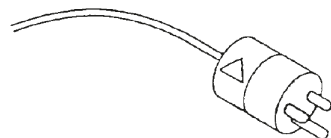
4.1.2.3
Non rewirable cord
extension set, RCD
incorporating the
socket outlet



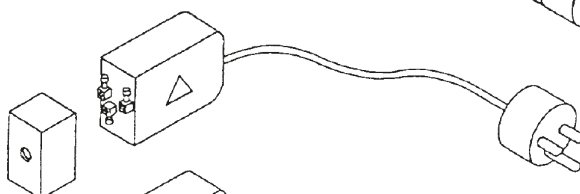
4.1.3.1
RC protected plug



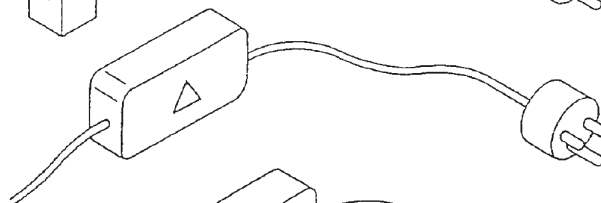
4.1.3.2
RC protected plug



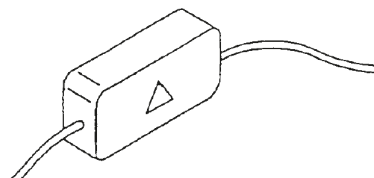
4.1.4.1
In-line PRCD with
terminals on the
load side



4.1.4.2
In-line PRCD with non
rewirable cord on the
load side



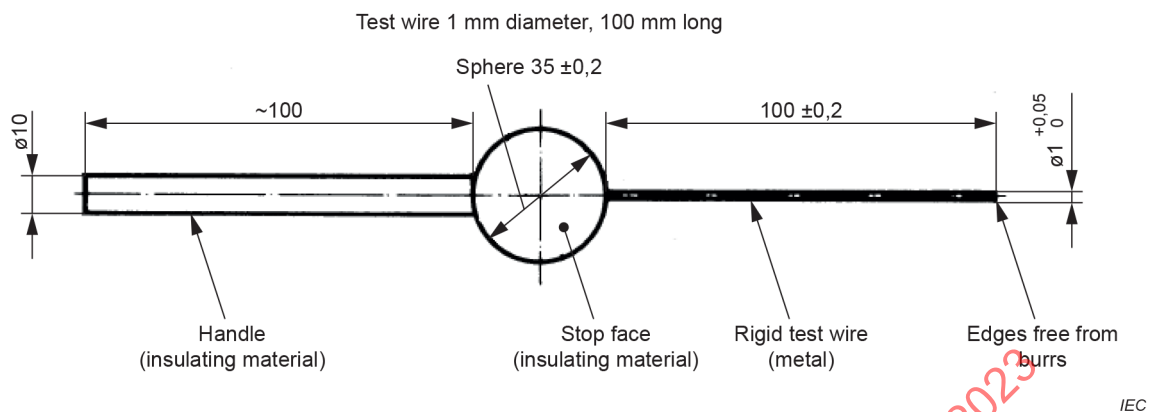
4.1.4.3
PRCD for equipment



IEC

Figure 1 – Examples of types of connection classified according to 4.1

Dimensions in millimetres

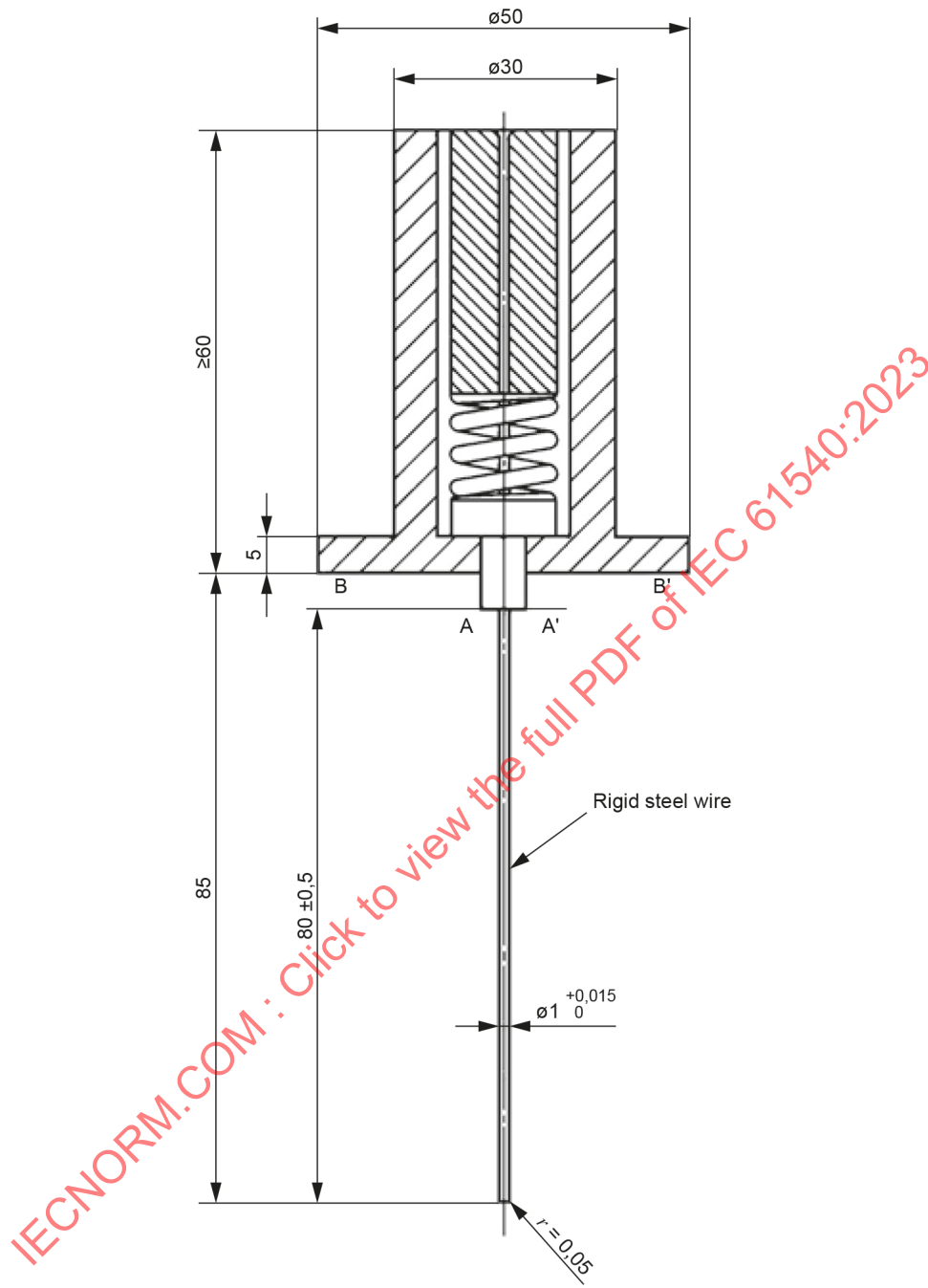


Test force: 10 N ± 10 %.

Figure 2 – Standard test wire 1,0 mm

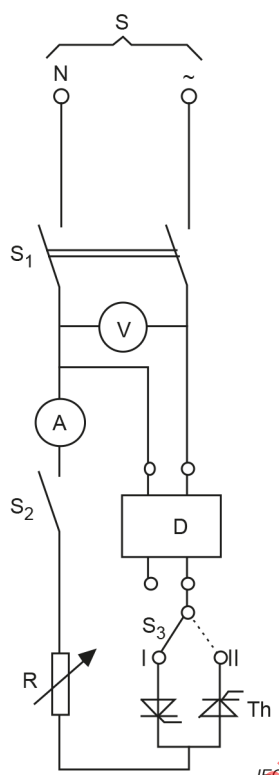
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

Dimensions in millimetres



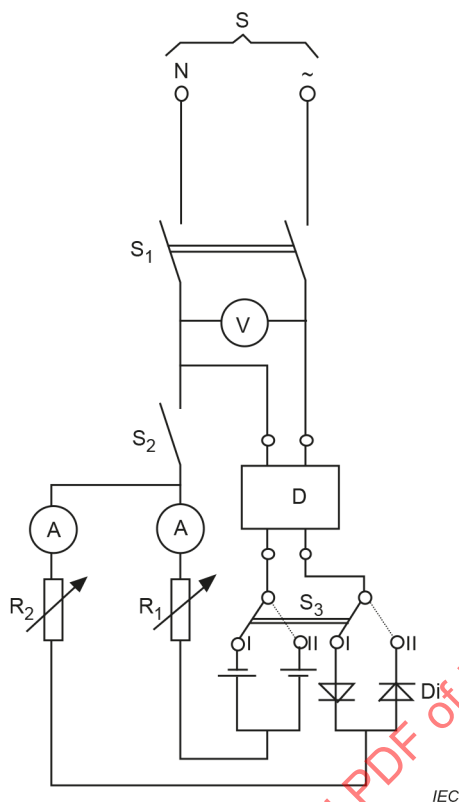
IEC

Figure 3 – Gauge for checking non-accessibility of live parts through shutters and of live parts of socket-outlets with increased protection

**Key**

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D PRCD under test
- R Variable resistor
- Th Thyristor
- S₁ Two-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ One-pole two-way switch

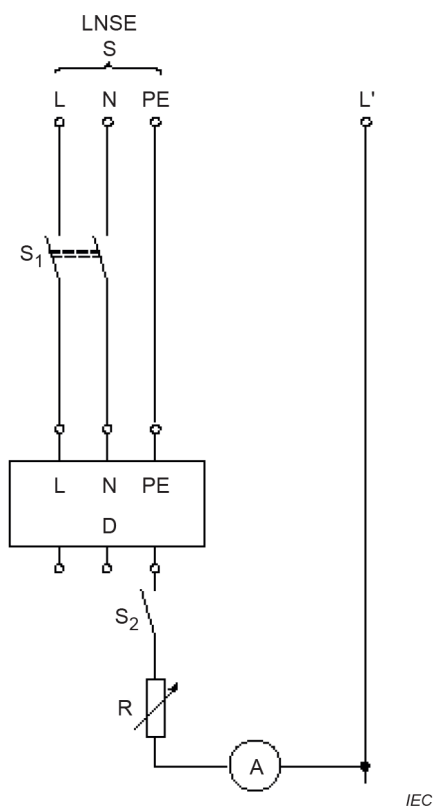
Figure 4 – Test circuit for the verification of the correct operation of PRCDs, in the case of residual pulsating direct currents



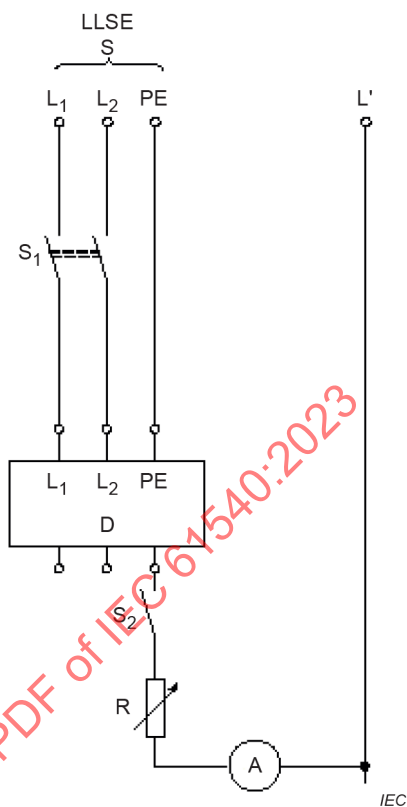
Key

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring RMS values)
- D PRCD under test
- R Variable resistor
- D_i Diode
- S₁ Two-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ Two-pole two-way switch

Figure 5 – Test circuit for the verification of the correct operation of PRCDs, in the case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current



IEC



IEC

Position of L and N from supply voltage S is chosen at random.

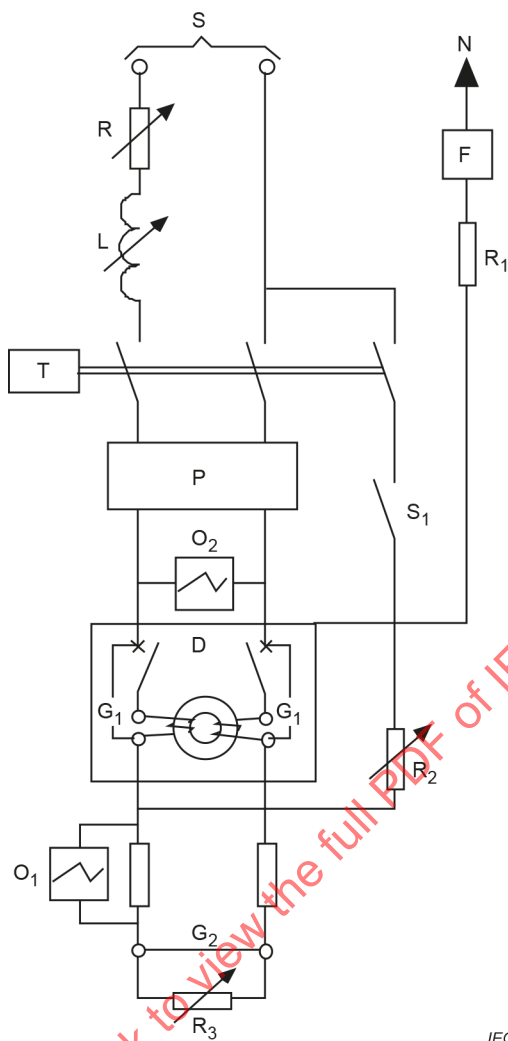
Figure 6 a – Type LNSE / LNE

Figure 6 b – Type LLSE / LLE

Key

- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- L' external line
- R variable resistor
- D device under test
- S supply (for LNSE types line and neutral,)
- A ammeter
- S₁ two-pole switch
- S₂ single-pole switch

Figure 6 – Verification of behaviour in case of external fault current in the protective conductor

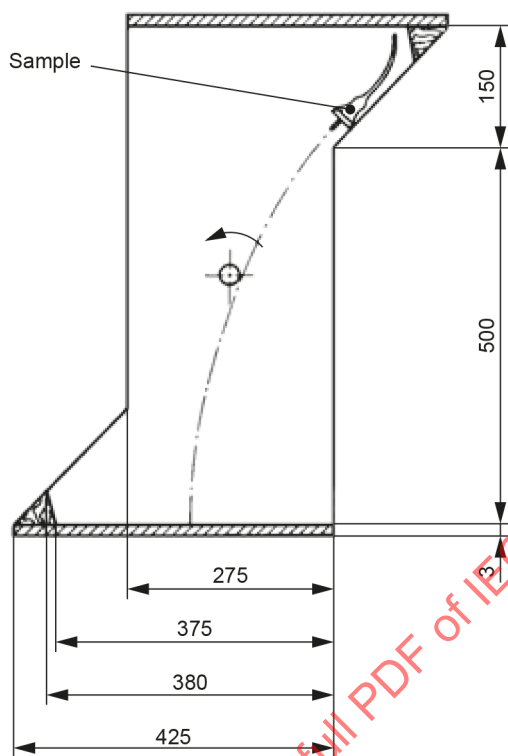


Key

- N Neutral conductor
- S Supply
- R Adjustable resistor
- L Adjustable reactor
- P Short-circuit protective device (SCPD)
- D PRCD
- G₁ Temporary connections for calibration
- G₂ Connection for the test with rated conditional short circuit current
- T Device making the short circuit
- O₁ Recording current sensor
- O₂ Recording voltage sensor
- F Device for the detection of a fault current in the device F
- R₁ Resistor limiting the current in the device F
- R₂ Adjustable resistor for the calibration I_{Δ}
- R₃ Additional adjustable resistor to obtain current below the rated conditional short-circuit current
- S₁ Auxiliary switch

Figure 7 – Test circuit for the verification of the rated making and breaking capacity and of the coordination

Dimensions in millimetres

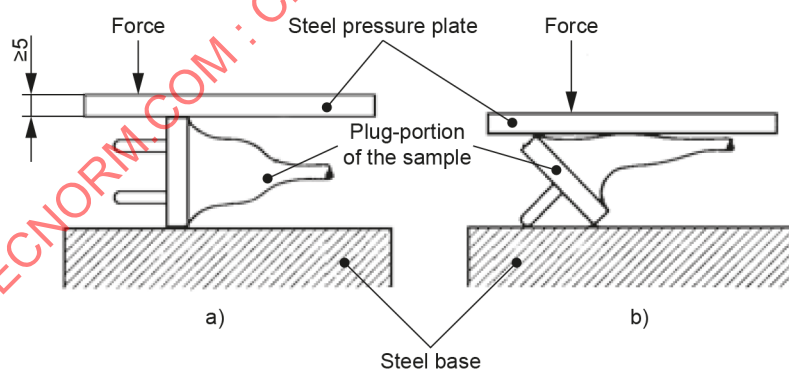


IEC

The axial length of the tumbling barrel, on the inside, is 275 mm.

Figure 8 – Tumbling barrel

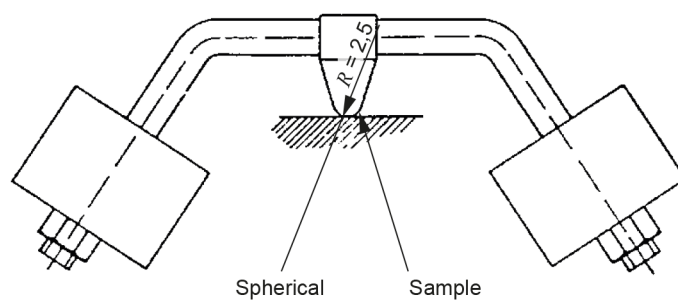
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 9 – Arrangement for compression test

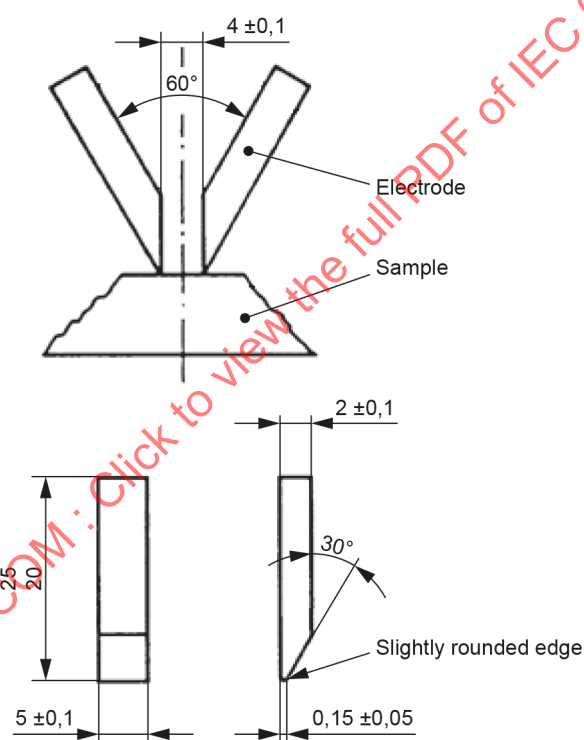
Dimensions in millimetres



IEC

Figure 10 – Ball-pressure test apparatus

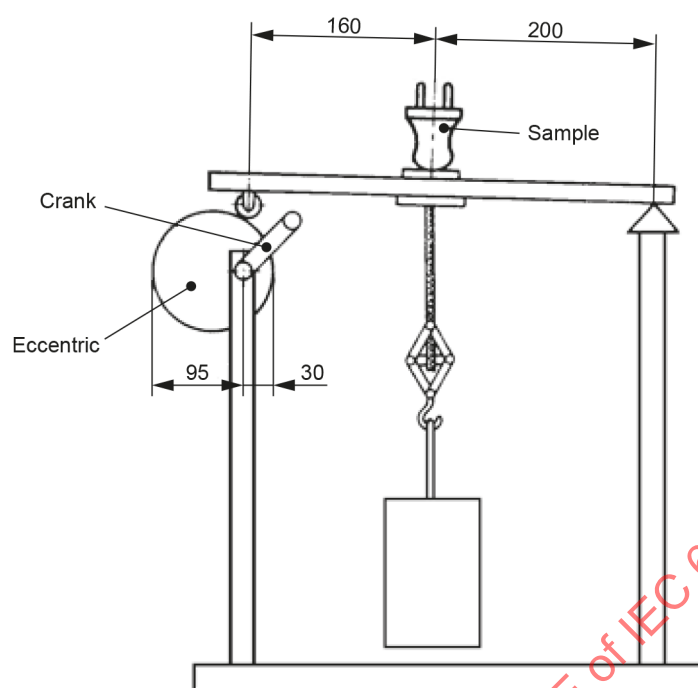
Dimensions in millimetres



IEC

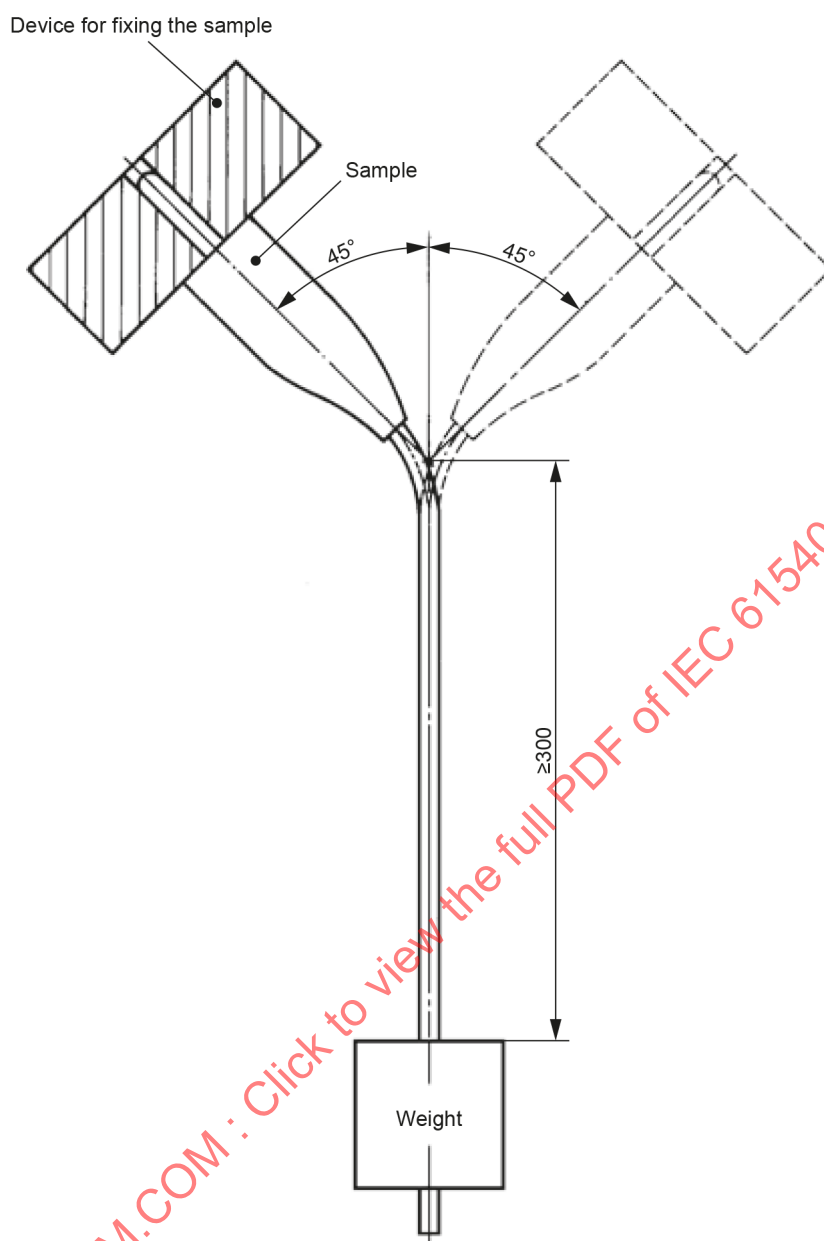
Figure 11 – Arrangement and dimensions of the electrodes for the tracking test

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 12 – Apparatus for testing the cord retention



IEC

An adjustment of the different supports for the accessories by means of a threaded spindle shall be provided as per the explanation in 9.30.

Figure 13 – Apparatus for flexing test

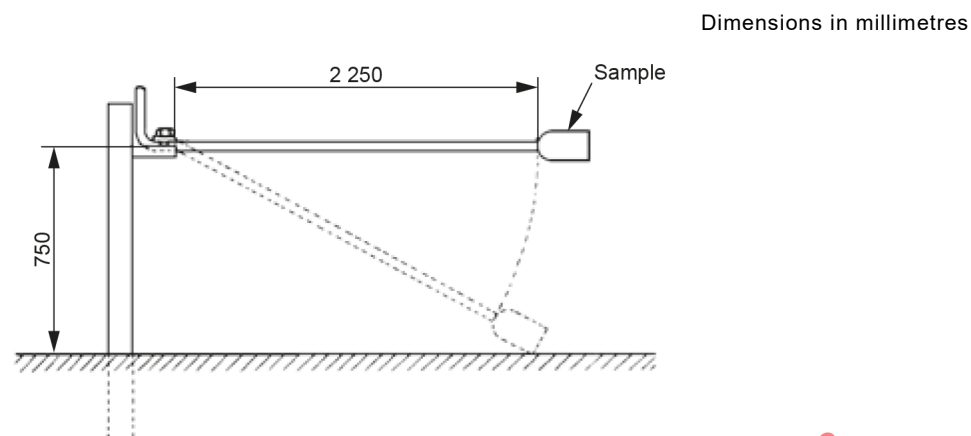
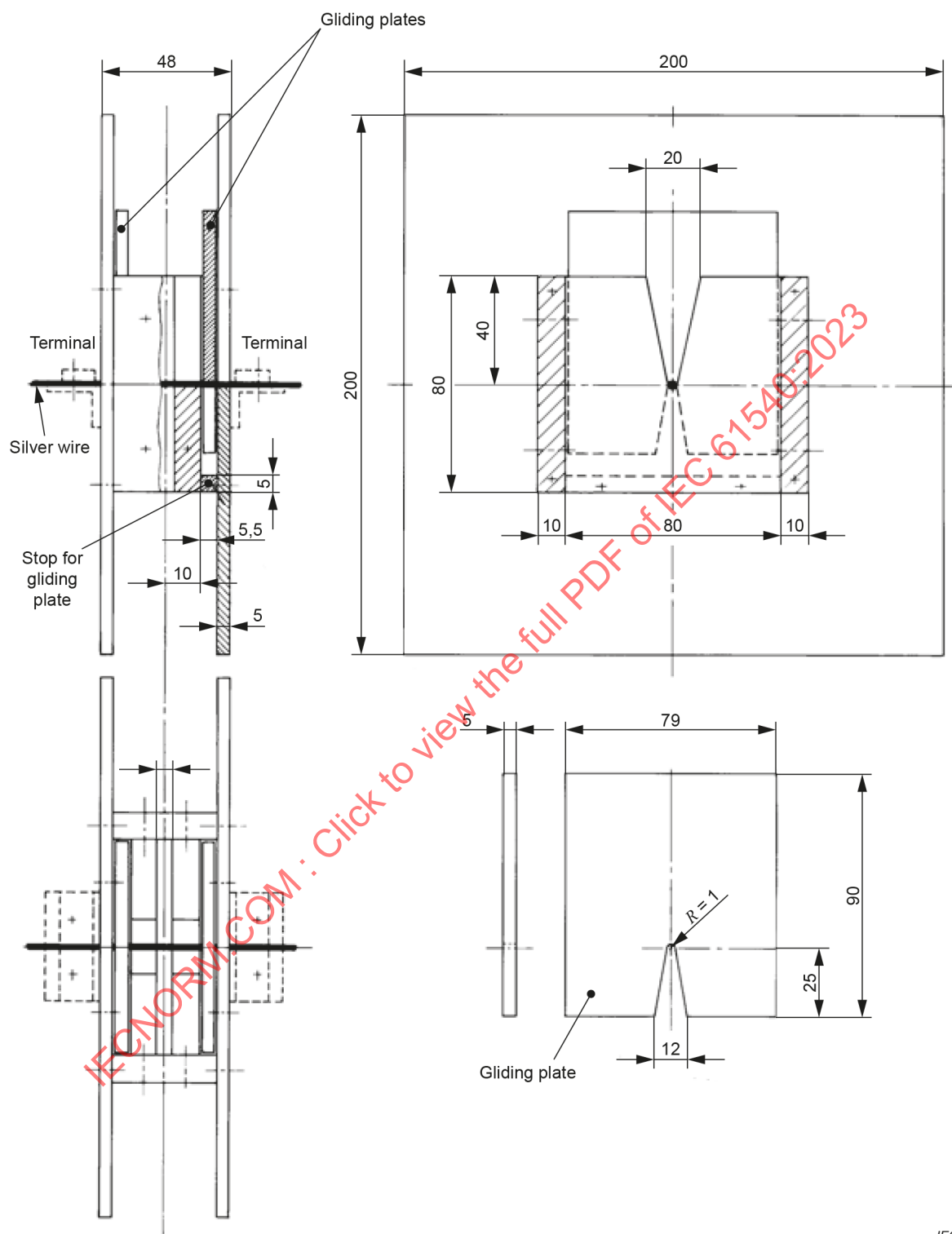


Figure 14 – Arrangement for mechanical strength test on PRCs provided with cords (9.12.6)

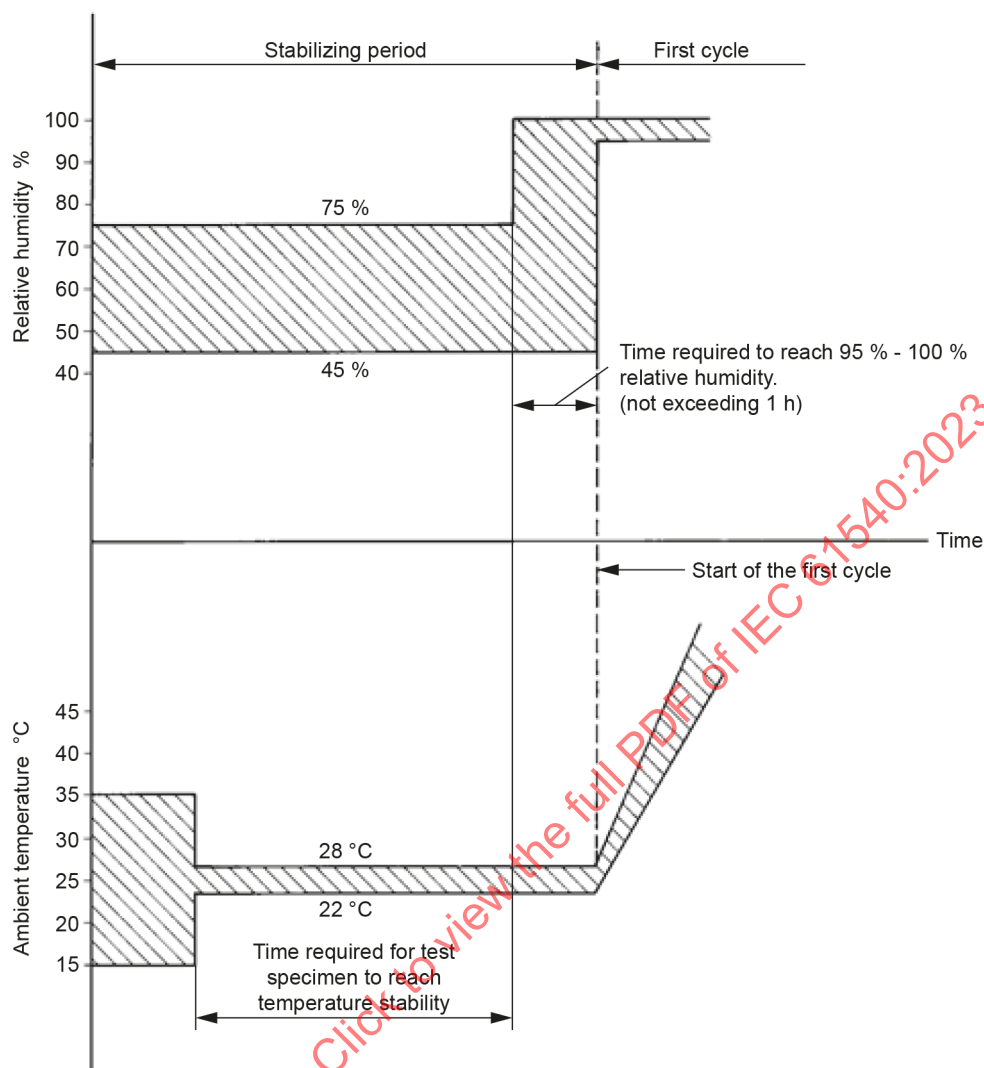
IEC
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

Dimensions in millimetres



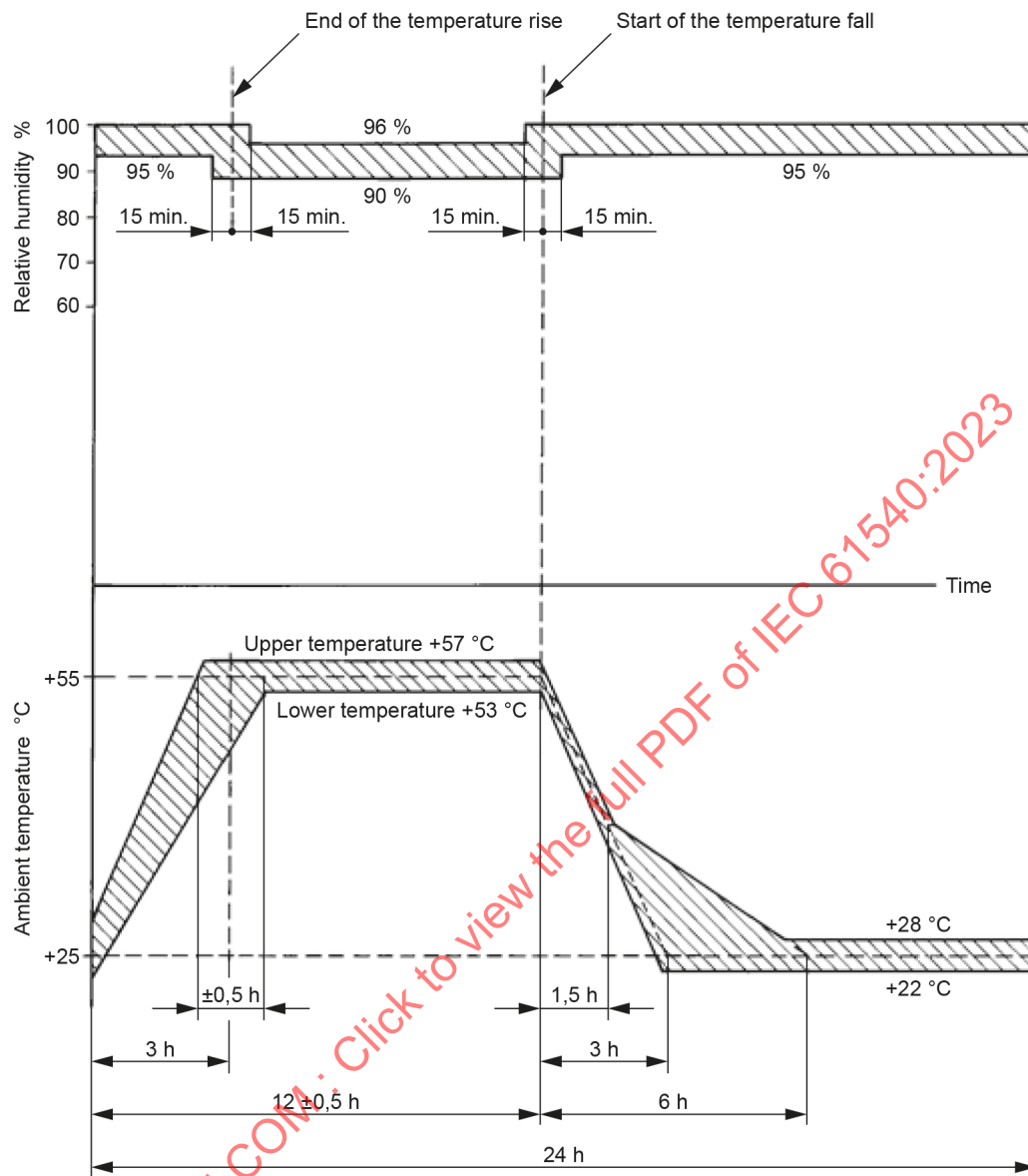
IEC

Figure 15 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the PRCD (9.11.2.1 a)



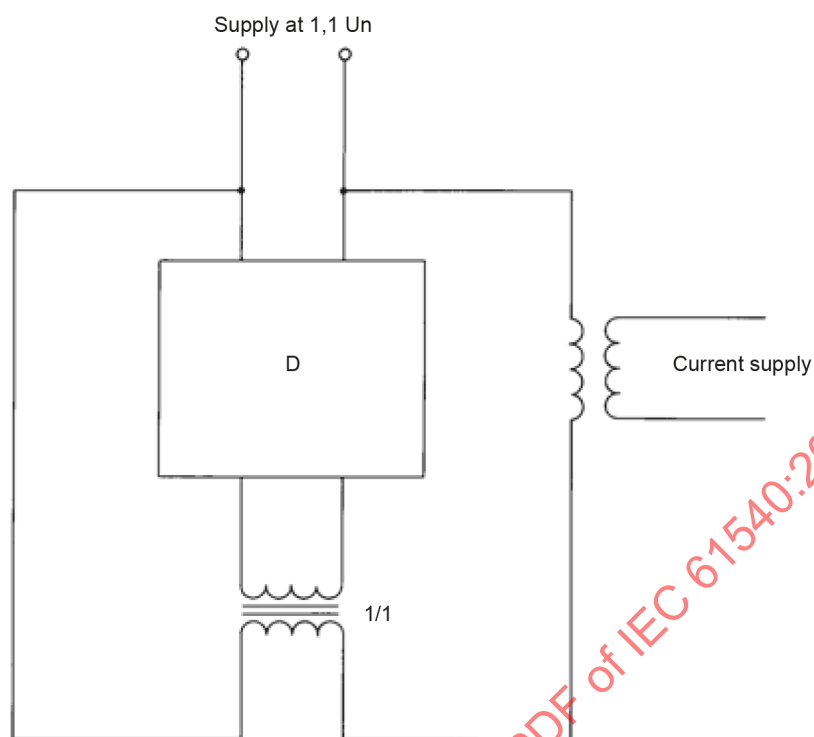
IEC

Figure 16 – Stabilizing period for reliability test (9.21.1.4)



IEC

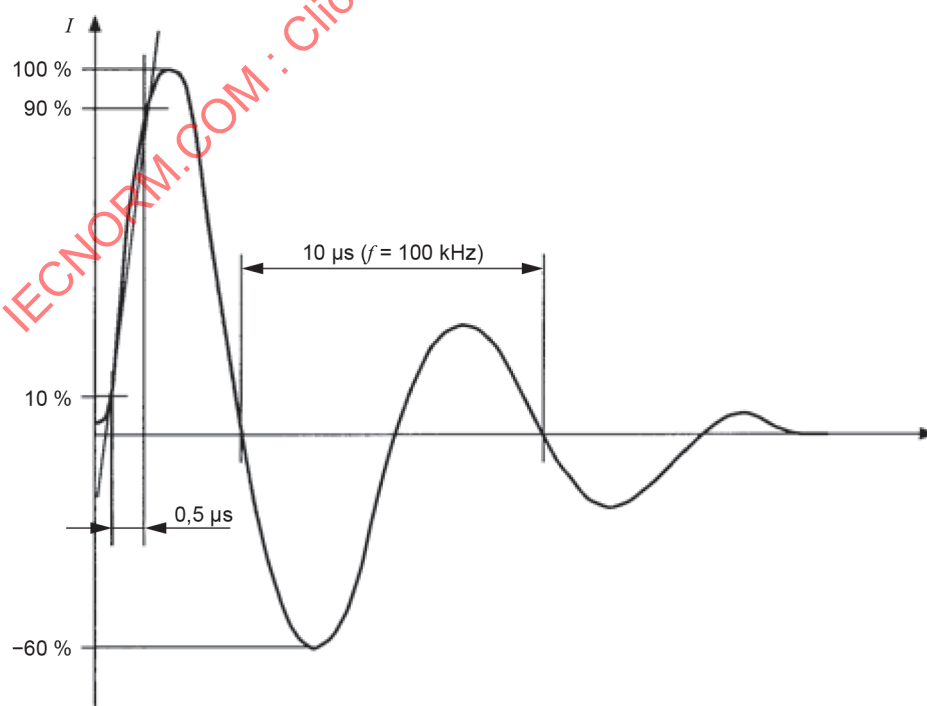
Figure 17 – Reliability test cycle (9.21.1.4)



IEC

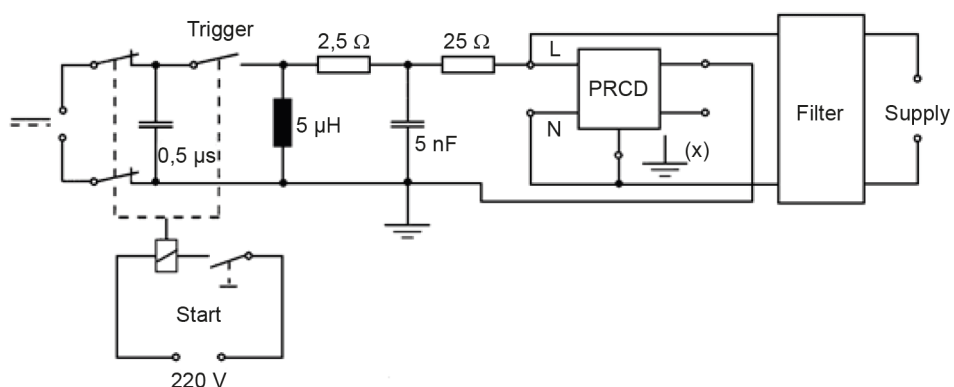
Key

D PRCD under test

Figure 18 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.22)

IEC

Figure 19 – Current ring wave $0,5 \mu s/100 \text{ kHz}$

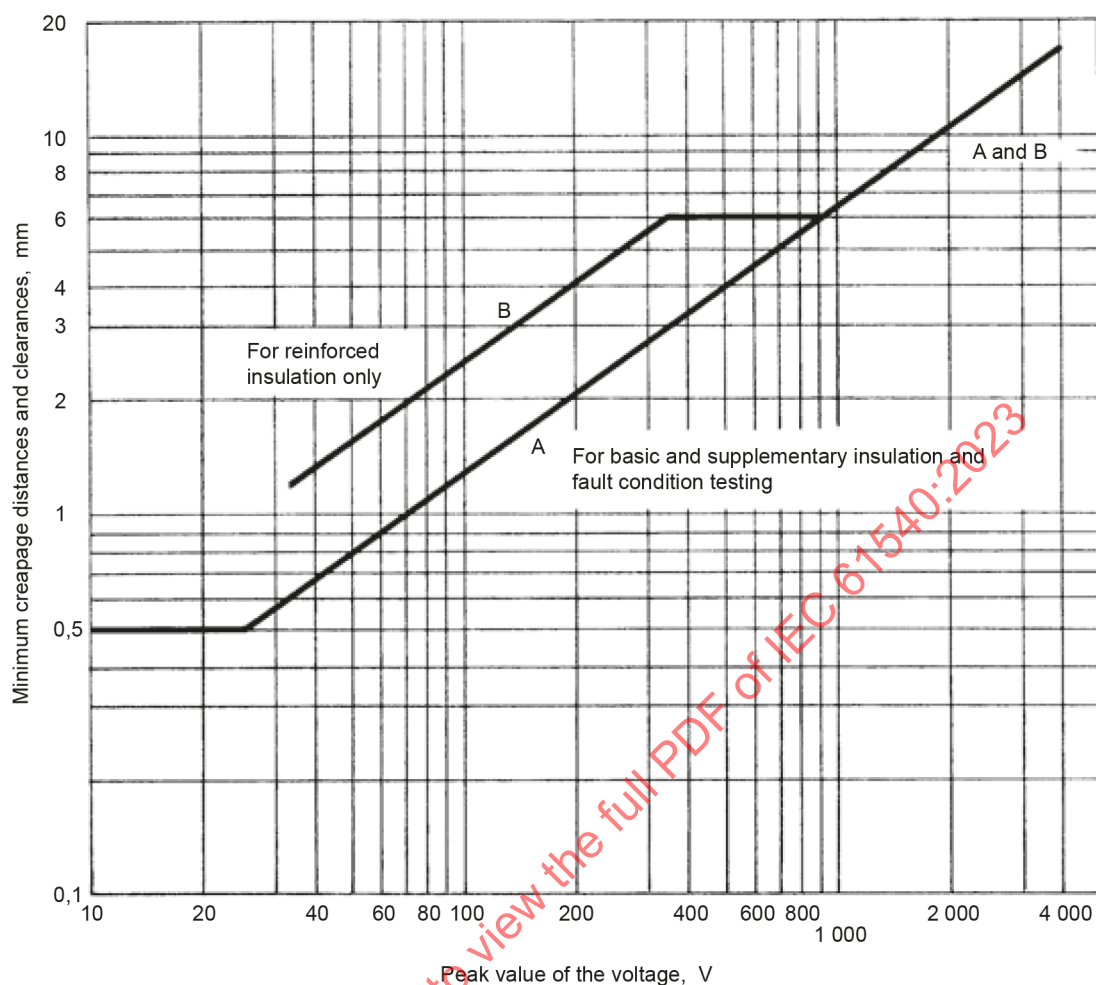


Key

(x) Earthing terminal connected to the neutral conductor if marked on the PRCD

Figure 20 – Example of test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023



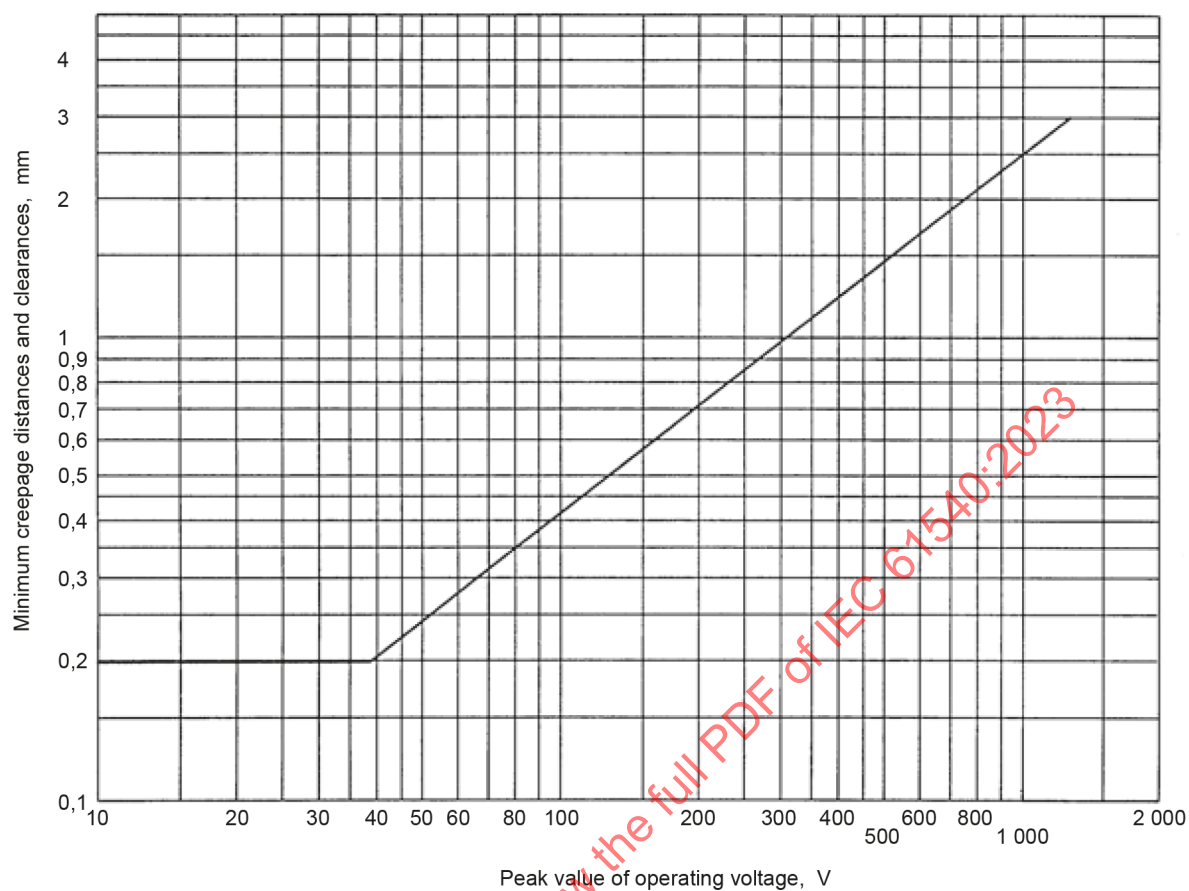
IEC

For parts conductively connected to the supply mains with voltages in the range of 220 V and 250 V (RMS), the dimensions are equal to those relating 354 V, peak:

Curve A: 34 V corresponds to 0,6 mm
354 V corresponds to 3,0 mm.

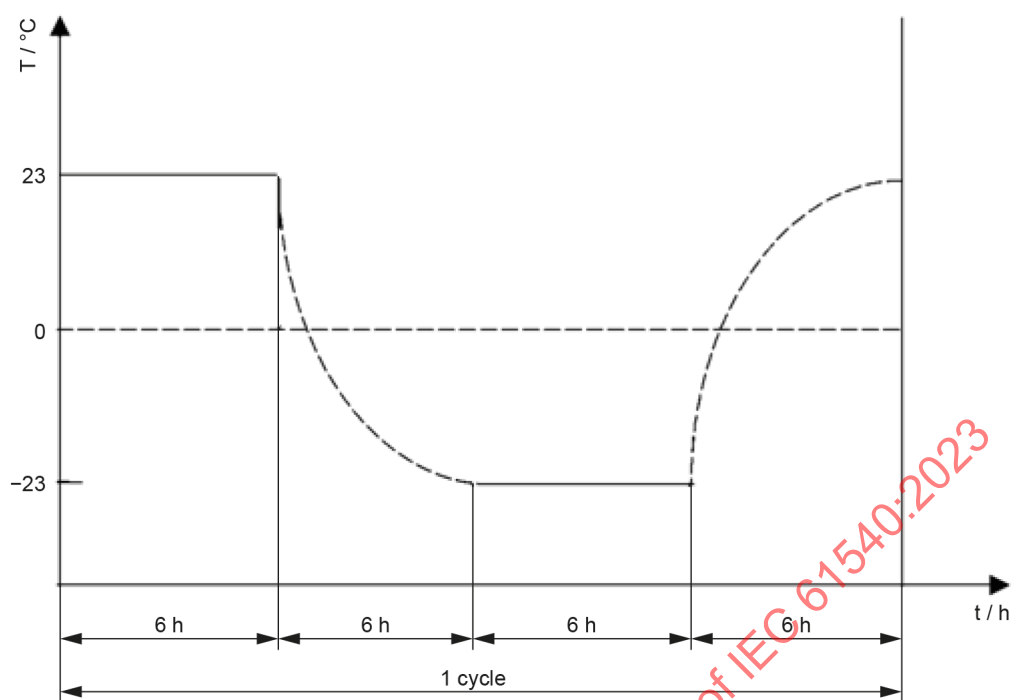
Curve B: 34 V corresponds to 1,2 mm
354 V corresponds to 6,0 mm.

Figure 21 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of voltage



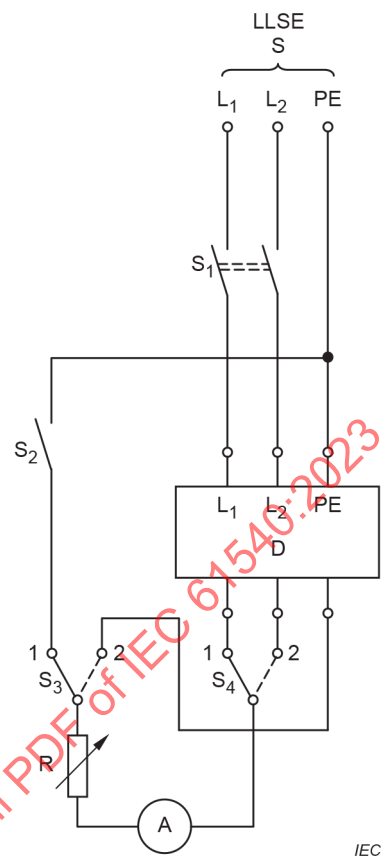
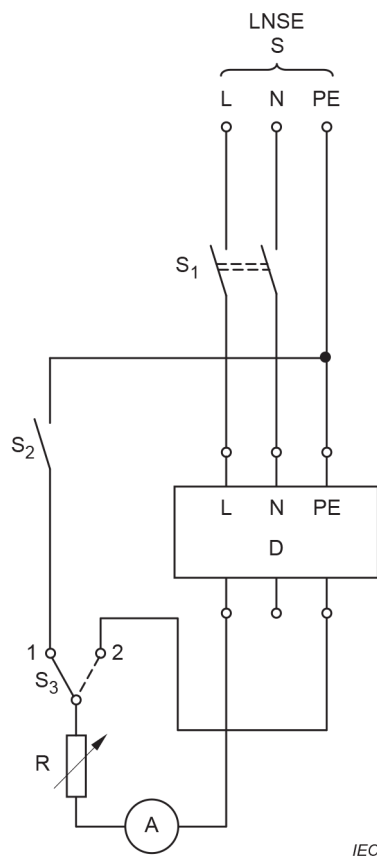
IEC

Figure 22 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage



IEC

Figure 23 – Test cycle for low temperature test (9.9.4)



NOTE Position of L and N from supply voltage S is chosen at random.

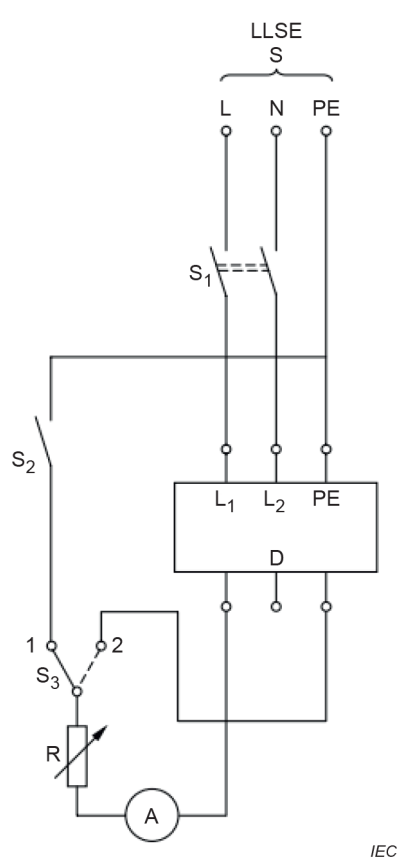
Figure 24 a – Type LNSE / LNE

Figure 24 b – Type LLSE / LLE

Key

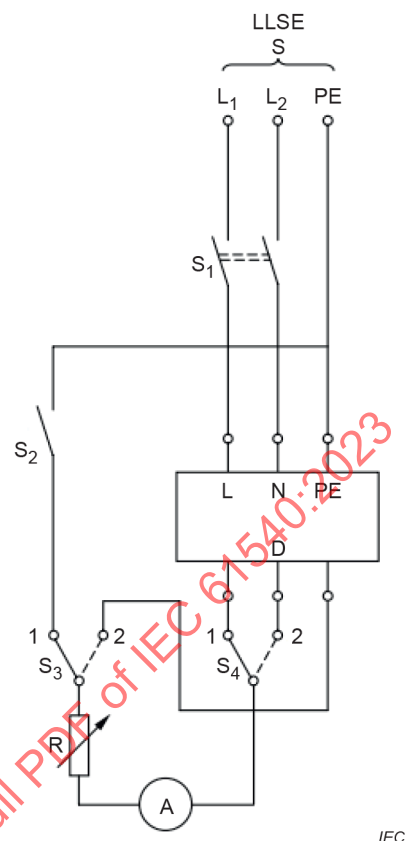
- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- R variable resistor
- D Device under test
- S supply (for LNSE types line and neutral)
- A ammeter
- S₁ two-pole switch
- S₂ single-pole switch
- S₃ two-way switch
- S₄ single-pole switch

Figure 24 – Test circuit for the verification of operating characteristic (9.9), endurance test (9.10), trip-free mechanism (9.15) and behaviour in case of failure of line voltage (9.17)



IEC

Figure 25 a – Type LLSE / LLE



IEC

Figure 25 b – Type LNSE / LNE

Key

- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- R variable resistor
- D device under test
- S supply (for LNSE types line and neutral)
- A ammeter
- S₁ two-pole switch
- S₂ single-pole switch
- S₃, S₄ two-way switch

Figure 25 – Test circuit for the verification of PRCD when plugged into incompatible supply systems (9.9.5.4)

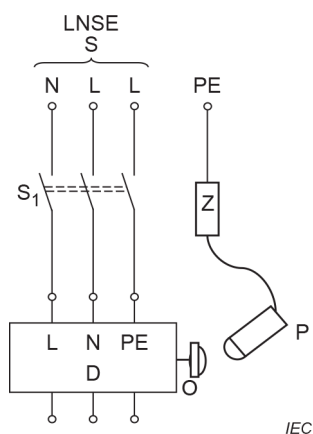


Figure 26 a – Type LNSE

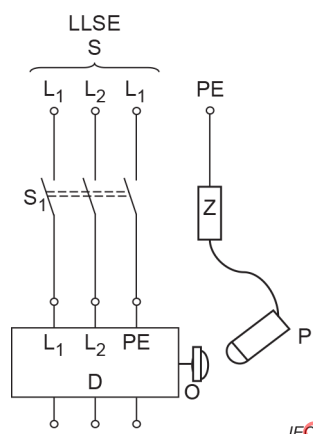


Figure 26 b – Type LLSE

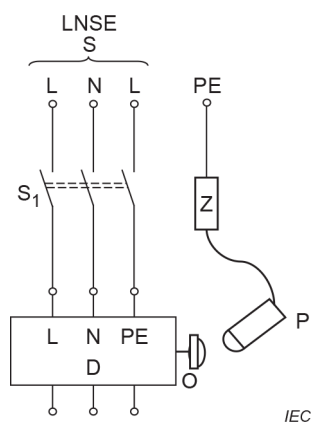


Figure 26 c – Type LNSE

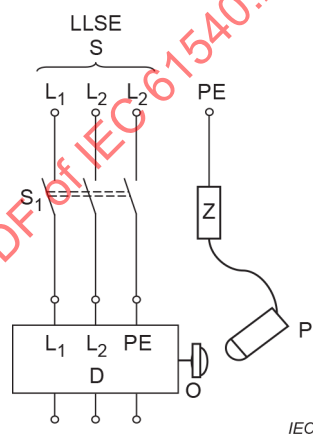


Figure 26 d – Type LNSE

Key

- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- D device under test
- S supply (for LNSE types line and neutral)
- S₁ three-pole switch
- Z test impedance
- O conductive operation means
- P probe

Figure 26 – Verification of correct operation for hazardous live PE
(see Table 15)

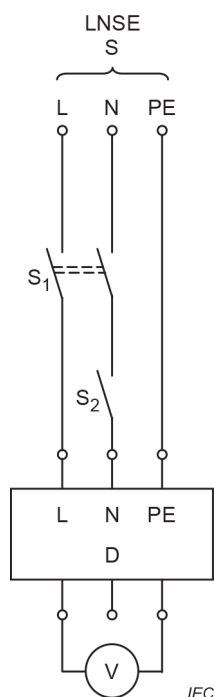


Figure 27 a – Type LNSE / LNE

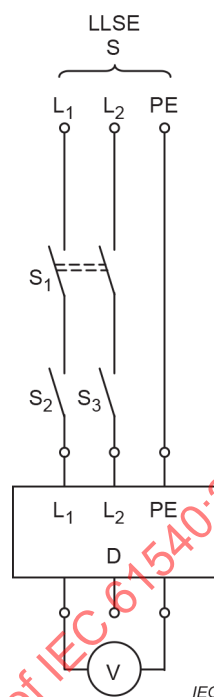


Figure 27 b – Type LLSE / LLE

Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
D	device under test
S	supply (for LNSE types line and neutral)
S ₁	two-pole switch
S ₂ , S ₃	single-pole switch
S ₄	Four-pole switch
V	voltmeter(s)

Figure 27 – Verification of open neutral for LNSE types, and open line for LLSE types

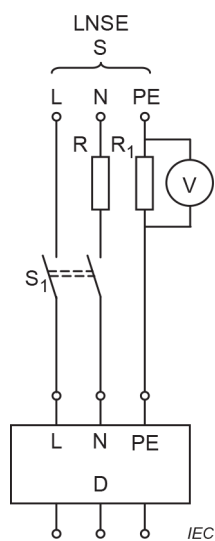


Figure 28 a – LNSE / LNE type

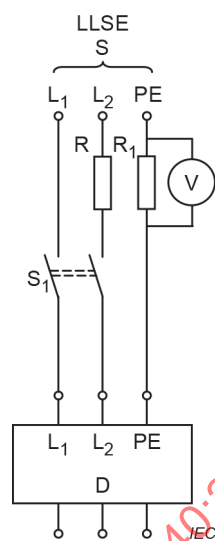


Figure 28 b – LLSE / LLEtype

Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
S_1	two-pole switch
D	device under test
S	supply (for LNSE types line and neutral)
V	voltmeter RMS
R, R_1	$1,0 \, \Omega \pm 1 \, \%$

Figure 28 – Verification of a standing current in the protective conductor in normal service (9.9.8)

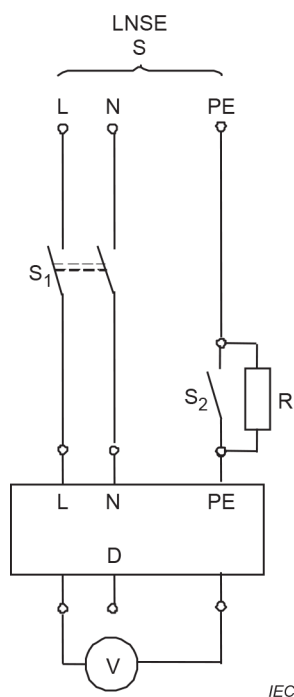


Figure 29 a – LNSE / LNE type

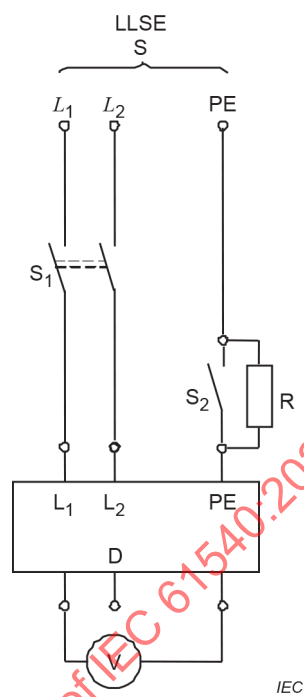


Figure 29 b – LLSE / LLEtype

Key

PE protective conductor

L line

N neutral

D LNSE or LLSE type under test

S supply

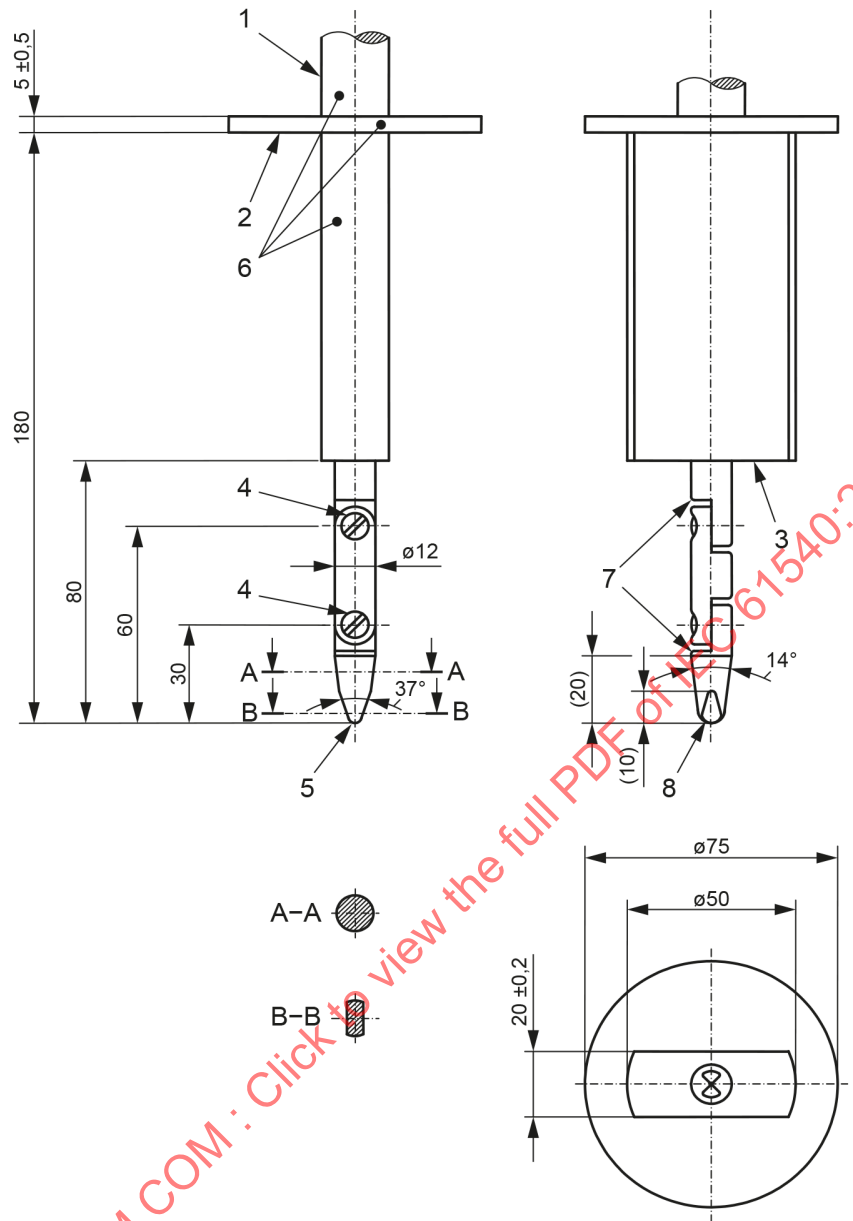
S₁ two-pole switch or four-pole switch, as applicableS₂ single-pole switch

V voltmeter

R resistor 1 600 Ω

NOTE For LLSE types a supply neutral connection can be connected for reference.

Figure 29 – Verification of open protective conductor (see 9.9.5.5)



Key

- | | | | |
|---|-----------|---|----------------------------|
| 1 | handle | 5 | $R_z \pm 0,05$ cylindrical |
| 2 | guard | 6 | insulating material |
| 3 | stop face | 7 | chamfer all edges |
| 4 | joints | 8 | $R_4 \pm 0,05$ spherical |

Material: metal, except where otherwise specified

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

- on angles: $\begin{matrix} 0 \\ -10 \end{matrix}$
- on linear dimensions:
 - up to 25 mm: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$
 - over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of $\begin{matrix} +10 \\ 0 \end{matrix}^\circ$.

Figure 30 – Standard test finger

Annex A

(normative)

Test sequences and number of samples to be submitted for verification of conformity to this document

A.1 Verification of conformity

The verification of conformity can be made:

- by the manufacturer for the purpose of supplier's declaration;
- by the user or purchaser;
- by an independent certification body for certification.

A.2 Test sequences

The tests are made according to Table A.1 where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

Table A.1 – Test sequences

Test sequence	Clause or subclause	Test (or inspection)
A	A ₁	6 Marking General ¹⁾ 9.3 Indelibility of marking 9.15 Trip-free mechanism 9.4 Reliability of screws, current-carrying parts and connections 9.5 Reliability of terminals for external conductors 9.26 Strain on the conductors 9.27 Torque exerted by plug-in equipment on fixed socket-outlets 9.6 Protection against electric shock 9.13 Resistance to heat 8.1.4 Clearances and creepage distances 9.23 Resistance to tracking
	A ₂	9.33 Temporary over voltage (TOV) conditions 9.14 Resistance to abnormal heat and to fire
B	9.7 Test of dielectric properties 9.8 Temperature rise 9.21.2 Reliability at 40 °C 9.22 Ageing of components 9.24 Test on insulating sleeves	
C	C ₁	9.11.3 Making and breaking capacity of plug and socket-outlets 9.10 Mechanical and electrical endurance 9.25 Mechanical strength of non-solid pins of plugs and portable socket-outlets 9.28 ²⁾ Retention of cord anchorage
	C ₂ ³⁾	9.28 Retention of cord anchorage
C ₃ ³⁾	9.29	Flexing test of non-rewireable PRCDs
D	D ₀	9.9 Residual operating characteristics
	D ₁	9.17 Behaviour in the case of failure of the line voltage 9.19 Unwanted tripping 9.20 DC components 9.11.2.3 Performance at $I_{\Delta m}$ 9.16 Test device 9.12 Resistance to mechanical shock and impact 9.18 Non-operating current under overcurrent conditions 9.31 Tests replacing verifications of creepage distances and clearances for PRCDs containing electronic components permanently connected between two poles
E	9.11.2.4 a)	Coordination at I_{nc}
	9.11.2.2	Performance at I_m
F	9.11.2.4 b)	Coordination at I_m
	9.11.2.4 c)	Coordination at $I_{\Delta C}$
G	9.21.1	Reliability (climatic test)
H	9.30	Electromagnetic compatibility
¹⁾ "General" consists of inspections and measurements contained in 8.1.1 and 8.1.2. Individual tests of these subclauses may be performed at any convenient place within the test sequence A. ²⁾ Only for rewireable devices. ³⁾ Applies to non-rewireable devices.		

A.3 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of PRCD of one current rating and one residual operating current rating is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test series are those indicated in Table A.2 where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.2 pass the tests, compliance with this document is met. If only the minimum numbers 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.2 – Number of samples to be submitted for full test procedure

Test sequence ¹⁾	Number of samples	Minimum number of accepted samples ²⁾	Number of samples for repeated tests ³⁾
A ₁	1	1	–
A ₂	1	1	1
B ⁴⁾	3	2	3
C	3	2	3
D	3 + 1 ⁶⁾	2	3
E	3	2 ⁵⁾	3
F	3	2 ⁵⁾	3
G	3	2	3
H	See Table D.2	See Table D.2	See Table D.2
¹⁾ In total, a maximum of three test sequences may be repeated. ²⁾ 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. ³⁾ In the case of repeated tests, all tests shall be passed successfully. ⁴⁾ If dismantling for test purposes is necessary, one more sample may be necessary. In this case, the manufacturer shall supply samples which may be specially prepared. ⁵⁾ Permanent arcing or flashover between poles or between poles and the frame shall not occur in any sample during the tests of 9.11.2.2, 9.11.2.3 and 9.11.2.4. ⁶⁾ The test of 9.9.6.3 only shall be conducted on one additional specially prepared sample.			

A.4 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of PRCDs of the same fundamental design

A.4.1 If a range of PRCDs of the same fundamental design, or additions to such a range of PRCDs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.3.

NOTE For the purpose of this annex, the same fundamental design comprises a series of rated currents (I_n) and a series of rated residual operating currents ($I_{\Delta n}$).

PRCDs can be considered to be of the same fundamental design if the conditions from a) to j) inclusive are satisfied.

- a) They have the same basic design, in particular:
 - fused PRCDs and non-fused PRCDs shall not occur together in the same range.
- b) The residual current operating means have identical tripping mechanisms and identical relays or solenoids except for the variations permitted in l) and m).

- c) The materials, finish and dimensions of the internal current-carrying parts are identical other than the variations detailed in k).
- d) The contact size, material, configuration and method of attachment are identical.
- e) The manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical.
- f) The moulding and insulating materials are identical.
- g) The method, materials and construction of the arc extinction device are identical.
- h) The basic design of the residual current sensing device is identical other than the variations permitted in l) and m).
- i) The basic design of the residual current tripping device is identical except for the variations permitted in m).
- j) The basic design of the test device is identical except for the variations permitted in n).

The following variations are permitted provided that the PRCDs comply in all other respects with the requirements detailed above.

- k) Cross-sectional area of the internal current-carrying connecting means.
- l) Number of turns and cross-sectional area of the windings and the size and material of the core of the differential transformer.
- m) The sensitivity of the relay and/or the associated electronic circuit, if any.
- n) The ohmic value of the means to produce the maximum ampere turns necessary to comply with the test of 9.16.

A.4.2 For PRCDs of the same classification (4.1) and the same fundamental design, having different current rating and rated residual current, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

Table A.3 – Reduction of number of samples

Test sequence	Number of samples ¹⁾
$A_1 + A_2$	2 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
B	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C_1	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C_2 or C_3	3 of any rating I_n or $I_{\Delta n}$
$D_0 + D_1$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D_0	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$
E	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
F	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 3 ²⁾ min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
G	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ 3 ²⁾ min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
H	See Annex D
¹⁾ If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.3, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test, all samples are required to pass the tests. ²⁾ If only one value of $I_{\Delta n}$ is submitted, these sets of samples are not required.	

A.4.3 For PRCDs having the same fundamental design as those tested according to A.4.2, but of different classification according to 4.1, the additional sequences may be reduced according to Table A.4, the number of samples being taken from Table A.3.

Table A.4 – Reduction of additional test sequences

Classification of PRCD originally tested	Test sequences for other PRCD types ¹⁾							
	4.1.1	4.1.2.1	4.1.2.2	4.1.2.3	4.1.3.1	4.1.3.2	4.1.4.1	4.1.4.2
4.1.1 Adaptor		A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾
4.1.2.1 Cord extension set PRCD incorporating the plug	A,B,C 9.12 ⁷⁾	–	A 9.8 C2, C3	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A ³⁾ 9.12 ⁷⁾ C2	4) C2	A ³⁾ 9.8 9.12 ⁷⁾ C2	A ³⁾ 9.8 C2, C3
4.1.2.2 Cord extension set	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	–	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C E, F
4.1.2.3 Cord extension set PRCD incorporating socket-outlets	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C E, F	–	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C E, F
4.1.3.1 RCD protected plug	A,B,C	A ³⁾ 9.12 ⁷⁾ C2, C3	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	–	A ³⁾ 9.12 ⁷⁾ C2, C3	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾
4.1.3.2 RCD protected plug	A,B,C	2)	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A ³⁾ 9.12 ⁷⁾ 9.8 ⁶⁾ C2	–	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾
4.1.4.1 In-line PRCD with terminals	A,B,C E, F	A,B,C E, F	9.12 ⁷⁾ C2, C3	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	–	9.8 ⁶⁾ 9.27 ⁵⁾ C2, C3
4.1.4.2 In-line PRCD with cord	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	2)	A,B,C 9.12 ⁷⁾	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A,B,C 9.12 ⁷⁾ E, F	A ³⁾ 9.8 ⁶⁾ 9.12 ⁷⁾ C2	
¹⁾ Sequence A: except 9.15. except 9.14 and 9.23 if the materials are the same. Sequence B: only 9.7, 9.8 and 9.24 are required. Sequence C: except 9.10. ²⁾ If the plug and/or socket-outlet comply with the requirements of IEC 60884-1, no more tests are required. ³⁾ Sequence A: Only Clause 6, Subclauses 8.1, 8.1.4, 9.5, 9.6 and 9.26 are required. ⁴⁾ No further tests are required. ⁵⁾ Of sequence A. ⁶⁾ Of sequence B. ⁷⁾ Of sequence D.								

A.4.4 For PRCDs having the same classification, the same fundamental design and the same rated current, voltage and residual operating current as those tested according to A.4.2, but of different standard sheets (dimensional requirements) for the plug and/or socket-outlet part, the additional sequences may be reduced according to Table A.5, the number of samples being taken from Table A.3.

Table A.5 – Reduction of additional test sequences

Classification of PRCDs originally tested	Test sequences for PRCDs of the same classification but of different standard sheets for plug and/or socket-outlet parts ^{1), 2)}	Test sequences for PRCDs of the same classification but with only a different connecting part of the earthing circuit
4.1.1 4.1.2.1 4.1.2.3 4.1.3.1 4.1.3.2	A, B, C 9.12 ⁵⁾	A ³⁾
4.1.2.2 4.1.4.1 4.1.4.2	= ⁴⁾	= ⁴⁾
1) If an integral fuse is fitted in the originally tested PRCD and not in the PRCD to be tested, test sequences E and F are required. 2) Sequence A: except 9.15; except 9.14 and 9.23 if the materials are the same. Sequence B: only 9.7, 9.8 and 9.24 are required. Sequence C: except 9.10. 3) Sequence A: only Clause 6, "General" and 8.1.4 are required. 4) If the plug and/or socket-outlet comply with the requirements of IEC 60884-1, no more tests are required. 5) Of sequence D.		

Annex B (normative)

Routine tests

B.1 General

In general, more tests may have to be made to ensure that every PRCD conforms with the samples that withstood the tests of this document, according to the experience gained by the manufacturer.

The choice of the proper sequence of tests is also left to the manufacturer.

B.2 Tripping test

A residual current is passed through each current path of the PRCD in turn. The PRCD shall not trip at a current less than or equal to $0,5 I_{\Delta n}$ but it shall trip at $I_{\Delta n}$ within a specified time (see Table 2).

The test current shall be applied at least five times on each PRCD and should be applied at least twice on each pole.

B.3 Dielectric strength test

A voltage of substantially sinusoidal wave form of 1 500 V having a frequency of 50 Hz/60 Hz is applied for 1 s between the following parts:

- a) with the PRCD in the open position, between each pair of the terminals or pins which are electrically connected together when the PRCD is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the PRCD in the open position, either between each of the two incoming terminals or between each of the two outgoing terminals so that the voltage is not applied to the electronic components;
- c) between the terminals of all current paths connected together and the earth path.

No flashover or breakdown shall occur.

B.4 Performance of the test device

With the PRCD in the closed position and connected to a supply at 0,85 times rated operational voltage, the test device shall be operated and the PRCD shall open.

Where the PRCD is intended to operate at more than rated operational voltage, the test shall be made at 0,85 times the lowest rated operational voltage.

B.5 Stray wire test

Each moulded-on accessory (see 3.1.7) of the PRCD shall withstand a high-voltage test at the rated frequency of the device, applied between all current-carrying parts connected together and a conducting electrode in contact with the entire outer accessible surface, omitting the engagement face. This test shall be carried out at 6 kV AC for a period of between 3 s and 5 s.

During the test, no flashover or breakdown shall occur. Glow discharges without drop in voltage shall be disregarded.

B.6 Correct continuity test

PRCDs of type 4.1.2.1, 4.1.2.2, 4.1.2.3, 4.1.3.2 and 4.1.4 shall be subjected to the following tests as appropriate. *Compliance shall be checked using any suitable voltage:*

- for PRCDs of type 4.1.3.2 between the remote end of each conductor including a PE conductor of the flexible cord mounted independently and the corresponding pin or contact of the PRCD;
- for PRCDs of type 4.1.2.1, 4.1.2.2 and 4.1.2.3 between each plug pin or contact including PE and the corresponding pin or contact at each socket of the PRCD.

There shall be continuity present and the polarity shall be correct, if relevant.

Other suitable tests may be used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

Annex C (normative)

Determination of clearances and creepage distances

C.1 General

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

C.2 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances are not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

C.3 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

C.4 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in IEC 60664-1:2020, 6.8 (see also Example 11 in Figure C.1).

C.5 Measurement of creepage distances and clearances

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

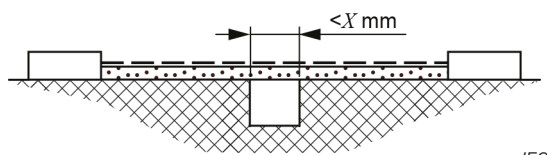
If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in Figure C.1. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- creepage distances and clearances, measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

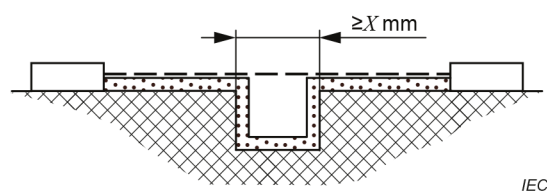
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

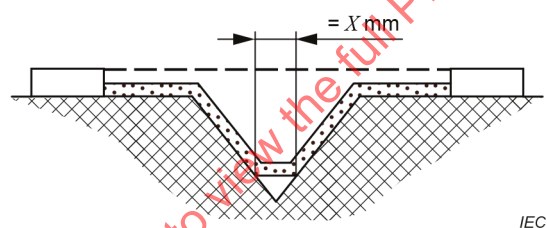
Example 2



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

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

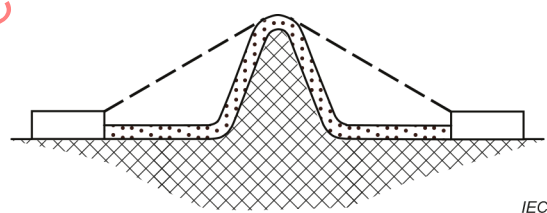
Example 3



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

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

Example 4



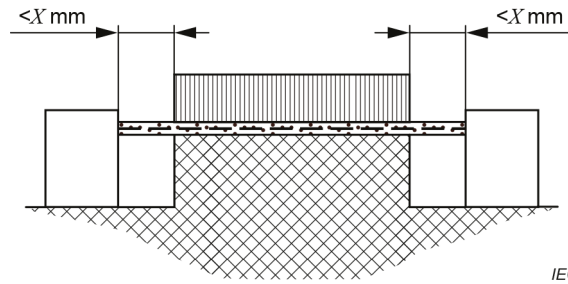
Condition: Path under consideration includes a rib.

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

— — — Clearance

▒▒▒▒▒ Creepage distance

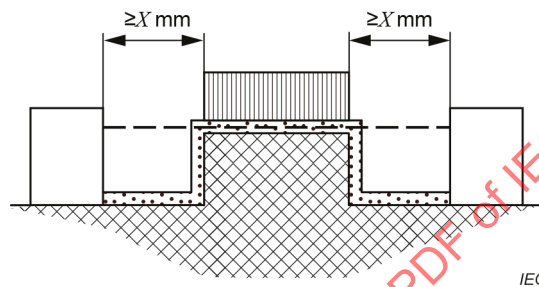
Example 5



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

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

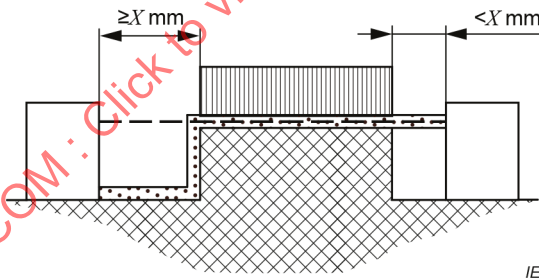
Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

Example 7



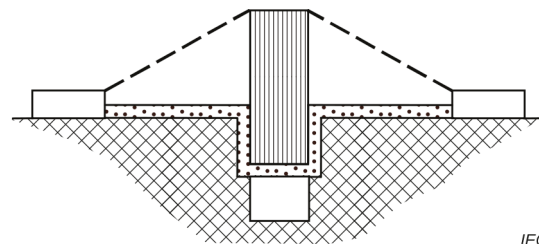
Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

— — — Clearance

..... Creepage distance

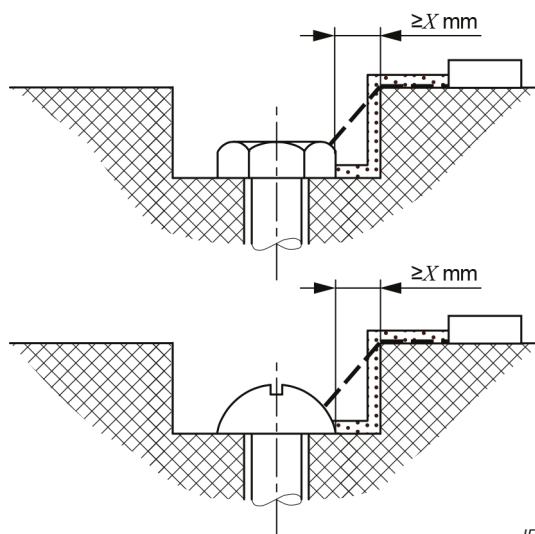
Example 8



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

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

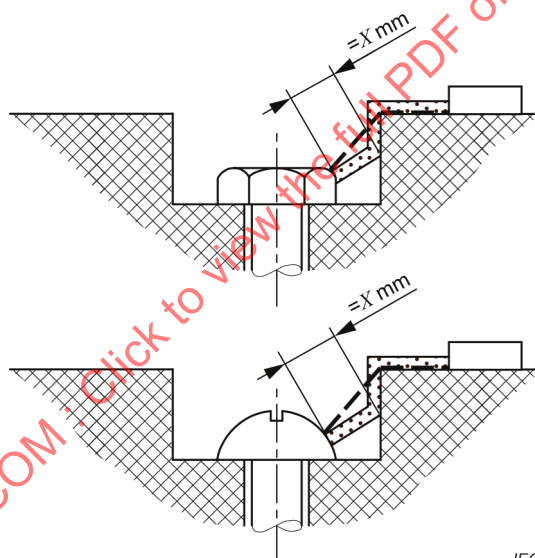
Example 9



IEC

Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10



IEC

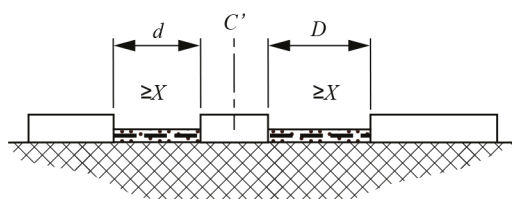
Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

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

— — — Clearance

Creepage distance

Example 11



C' Floating part

IEC

Clearance is the distance $= d + D$.

Creepage distance is also $= d + D$.

— — — Clearance

Creepage distance

Figure C.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances

Annex D (normative)

List of tests, additional test sequences and numbers of samples for verification of compliance of PRCDs with the requirements of electromagnetic compatibility (EMC)

D.1 General

This annex indicates all tests and test sequences to be performed on PRCDs for verifying their electromagnetic compatibility.

Clause D.2 reports the references of the tests already contained in IEC 61540 and included in the test sequences and the minimum performance conditions specified in Annex A.

Clause D.3 specifies the additional tests, the number of samples, the test sequences and the minimum conditions required for the complete verification of compliance of PRCDs with the EMC requirements.

Test conditions and EMC performance criteria are indicated in the EMC product family standard for RCDs: IEC 61543.

D.2 EMC tests already included in the product standard

Table D.1 gives, in the third column, the tests already included in the test sequences of Annex A ensuring an adequate level of immunity from the electromagnetic disturbances indicated in the second column. The first column gives the corresponding references of Table 1 of IEC 61543:2022.

Table D.1 – EMC test

Reference of Table 1 of IEC 61543:2022	Electromagnetic phenomena	Tests of IEC 61540:2023
T 1	Voltage dips	9.17
T 1	Voltage interruptions	9.17
T 2	Power frequency magnetic field	9.2
T 6	Radiated radio-frequency electromagnetic field	9.11 and 9.18
	Surge currents to earth resulting from impulse voltages	9.19

D.3 Additional tests of IEC 61543 to be applied

The following tests of IEC 61543 shall be carried out according to Table D.2.

Unless otherwise specified, each test sequence is carried out on three new samples.

If all samples submitted according to the fourth column of Table D.2 pass the tests, compliance with this document is met. If only the minimum number given in the fifth column pass the tests, additional samples as shown in the sixth column shall be tested and all are then required to satisfactorily complete the test sequence.

Table D.2 – Additional tests

Reference condition of IEC 61543	Phenomena	Number of samples	Minimum number of samples which shall pass the tests	Number of samples for repeated tests
T 5a, 5b	Surges	3 $I_{\Delta n \text{ min}}$ any I_n	2	3
T 3	Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	3 $I_{\Delta n \text{ min}}$	2	3
T 6 T 4	Radiated radio-frequency electromagnetic fields Fast transients (bursts)	any I_n		
T 6	Radiated radio-frequency electromagnetic field	3 $I_{\Delta n \text{ min}}$ any I_n	2	3
T 8	Electrostatic discharges	3 $I_{\Delta n \text{ min}}$ any I_n	2	3
* 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 this sequence.				

NOTE On request of the manufacturer the same set of samples can be subjected to more than one test sequence.

Annex E (informative)

Application of PRCD according to 4.8.2 (PRCD-S)

E.1 Explanation of switched protective conductor function and application

A PRCD classified according to 4.8.2 (PRCD-S) shall have a switched protective conductor.

PRCD-S provide supplementary protection where the correct wiring of the supply or the existence of an operating RCD with a rated operating residual current not exceeding 0,03 A upstream has not been verified.

The PRCD-S ensures that if the protective conductor is live the switched protective conductor cannot be closed at all or disconnects in case of a residual current.

If the protective conductor is not switched, then a hazardous live protective conductor could remain connected to an exposed conductive part. Therefore, a person in contact with a hazardous live protective conductor would, under certain conditions, receive a harmful electric shock.

The protective conductor circuit of a PRCD should be of high reliability. Tests of the protective conductor circuit for temperature rise and short-circuit withstand are included to ensure this high reliability.

IEC 60364 series requires that the installation protective conductor cannot be switched. This ensures that class I equipment is always connected to the protective conductor and hence earthed when in use. The opening of the protective conductor to class I equipment supplied by a plug occurs every time the plug is removed.

PRCD-S also has the protective conductor circuit open before plugging in. The line and neutral (or line and line) contacts are linked to the protective conductor contact and cannot close unless the protective conductor contact also closes. When plugging in to the supply, if the supply conditions allow the PRCD-S to close, then the protective conductor, line and neutral (or line and line) contacts all close substantially together.

Table 15 gives the tests required for the protective conductor (PE) function of the PRCD-S. These include tests for a hazardous live protective conductor (with variations of L/N supply and L/L supply), and open circuit N and an open circuit protective conductor.

In some countries a reversal of the supply polarity of L and N is regarded as hazardous if the L is not switched correctly. An open circuit earth is regarded as a loss of fundamental protection for class I equipment. A loss of the neutral supply may also be considered a hazard and is covered by the PRCD-S functional tests.

A hazardous live protective conductor can be caused by incorrect supply if miswiring of the socket outlet occurs.

Examples of some common hazardous situations are included in the Figure E.1 and Figure E.2.

The outcome of the tests ensures that the PRCD-S provides supplementary protection against miswiring faults and that the residual current function is not impaired for a residual current flow from any conductor that is live.

The PRCD-S is able to detect a live protective conductor but, in some cases, (such as NLL, see Annex E, Figure E.2, Example 9) closure may occur. In such a rare case, it is imperative that the PRCD-S still operates on a residual current. A consequence is that the protective conductor may pass through the toroid. The outcome is also that when a current from an external source flows only in the protective conductor PRCD-S will not switch off the protective conductor. This is regarded as acceptable.

E.2 Examples of incorrect supply wiring

PRCDs according to 4.8.2 (PRCD-S) provide an additional function of detecting faults on the supply side with a defined behaviour in case of supply failures or miswiring.

The PRCD-S does

- not switch on if the protective conductor of the supply system is interrupted or hazardous live,
- switch off if the protective conductor in the supply circuit is interrupted during operation,
- not switch off the protective conductor if an external voltage occurs on the protective conductor, e.g. by drilling into a line of another circuit, during operation.

Provided above each diagram in abbreviated form are the conclusions after analysing the effect of the miswired configurations.

According to the following legend (obvious indicators such as open N and open protective conductor are omitted):

- a) U_n = supply voltage.
- b) $< U_n$ = reduced PRCD supply voltage.
- c) For LLSE subject to a supply configuration typically 0,5 for single phase, 0,577 for two phase: U_n (0,5 or 0,577).
- d) For LNSE subject to the R_x path: ratio between the load impedance (R_L) and the earth loop return impedance (R_x): $U_n \times (R_L / (R_L + R_x))$.

NOTE For example, considering the value of $R_x = 200 \, \Omega$ for the reversal of the neutral and the protective conductor, with a load current of 15 A, almost all the supply voltage to the PRCD would be lost. The test of 9.17 covers this situation.

R_x path: (for TT systems) = earth loop impedance (R_x) in series with load impedance.

N – PE = 0 V: = neutral (N) and protective conductor (PE) connected together.

Live protective conductor: the protective conductor is connected to a live supply conductor.

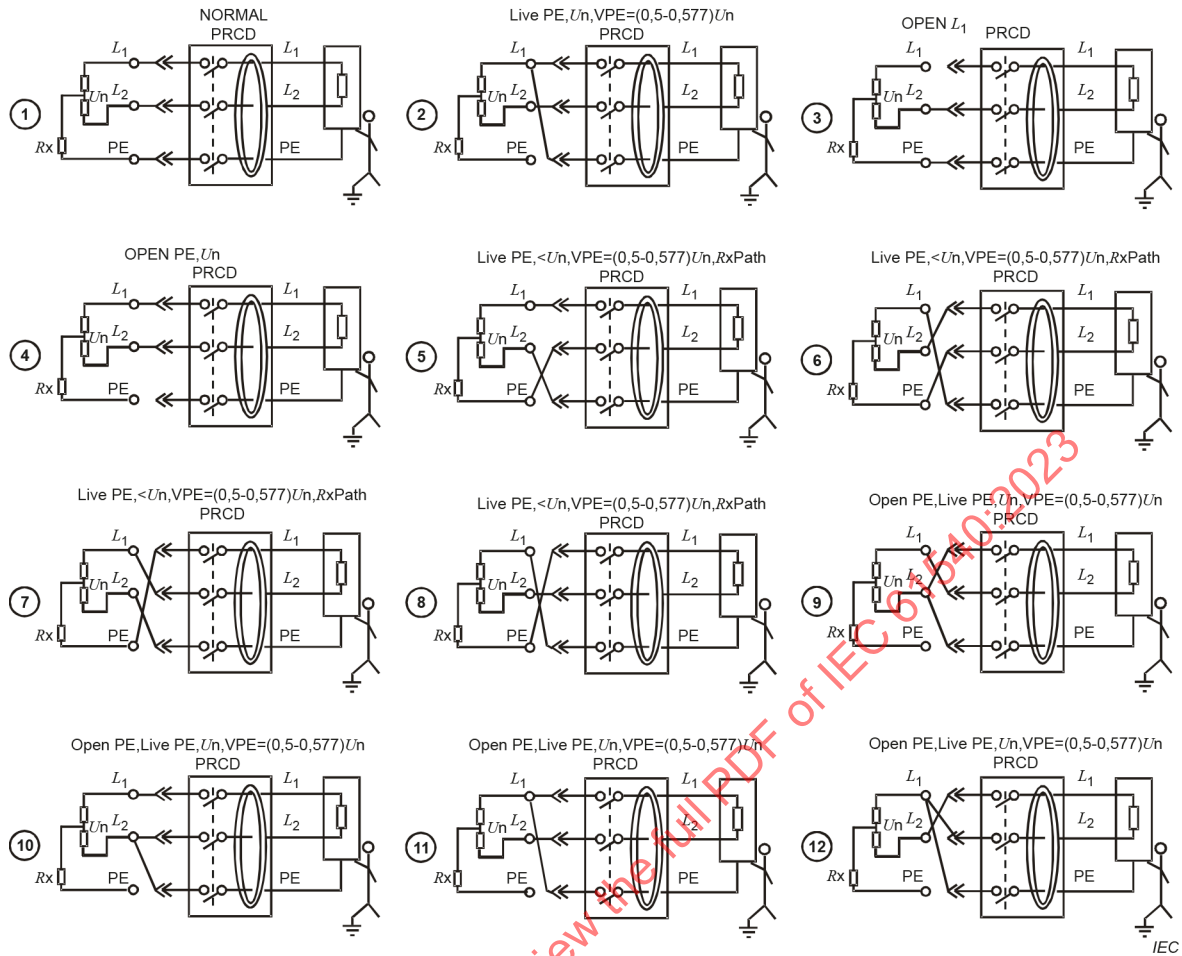
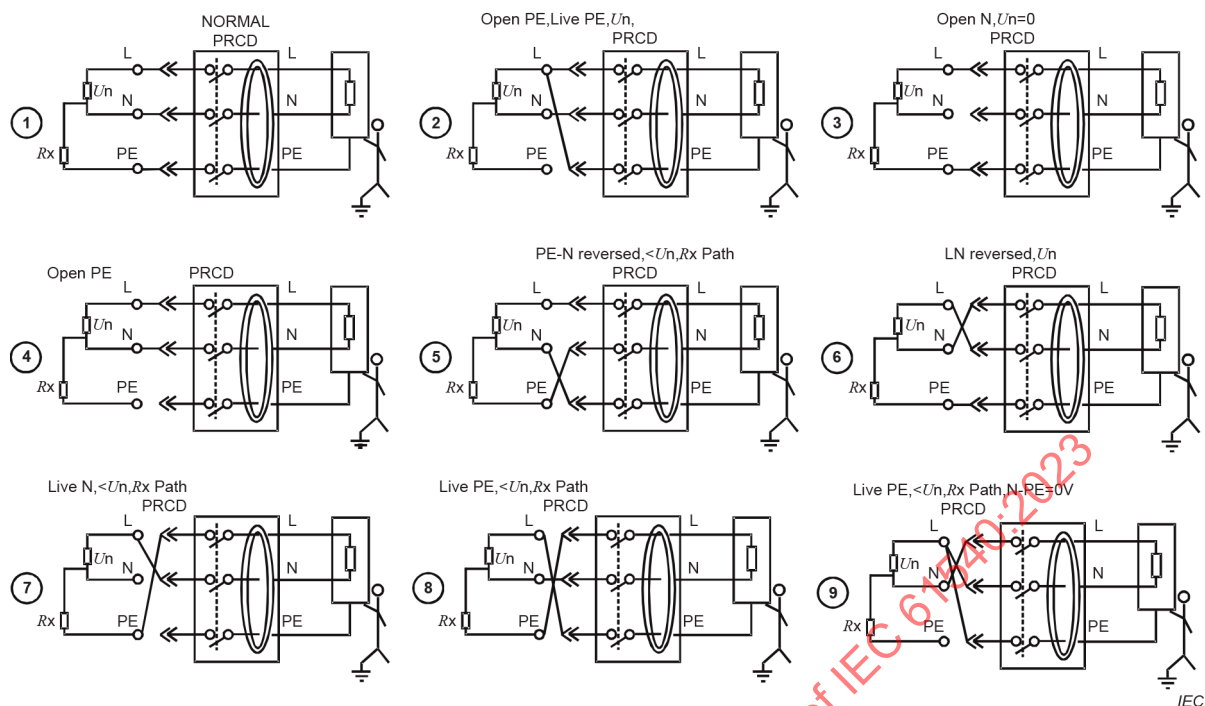


Figure E.1 – Examples of incorrect supply wirings for LLSE types



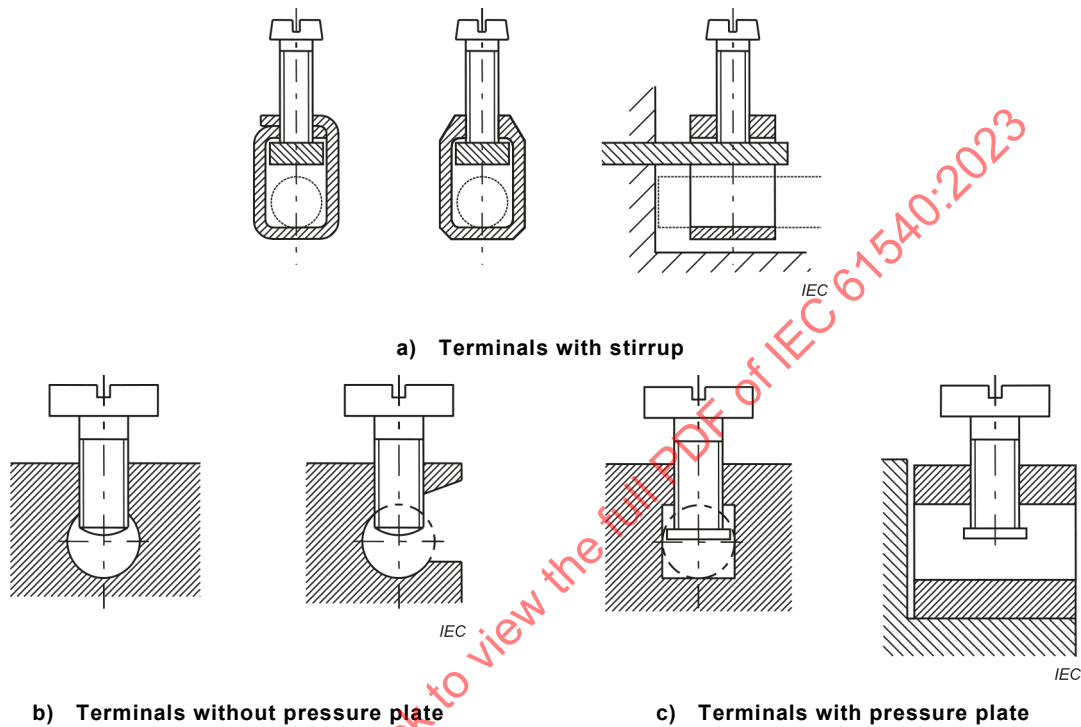
NOTE R_x (200 Ω max.) is illustrated for TT systems.

Figure E.2 – Examples of incorrect supply wirings for LNSE types

Annex F (informative)

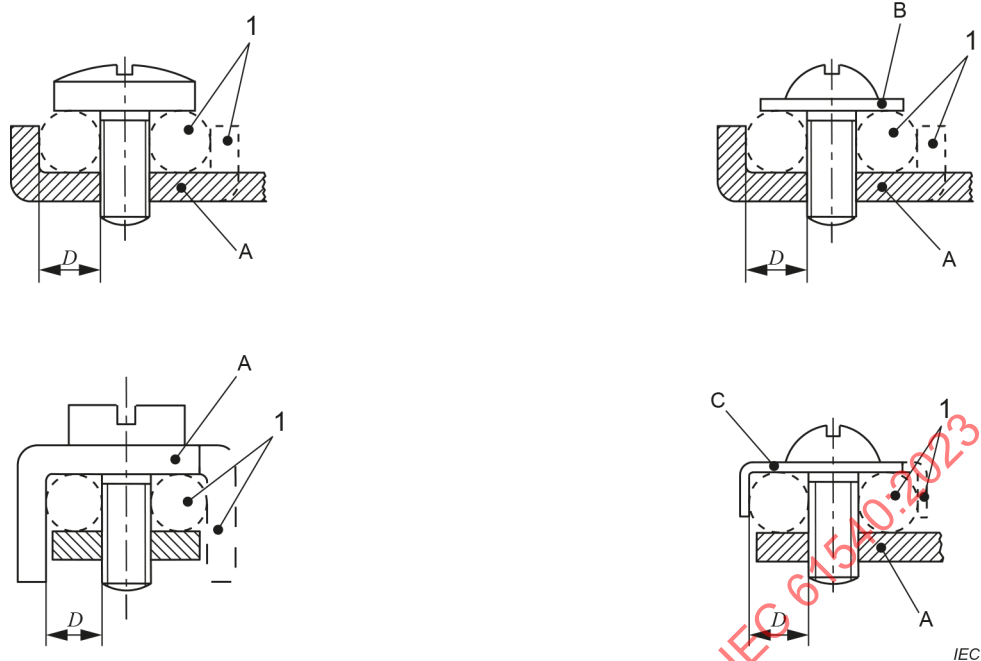
Examples of terminal designs

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



NOTE The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw can be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure F.1 – Examples of pillar terminals



a) Screw terminals

Screw not requiring washer or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate or anti-spread device



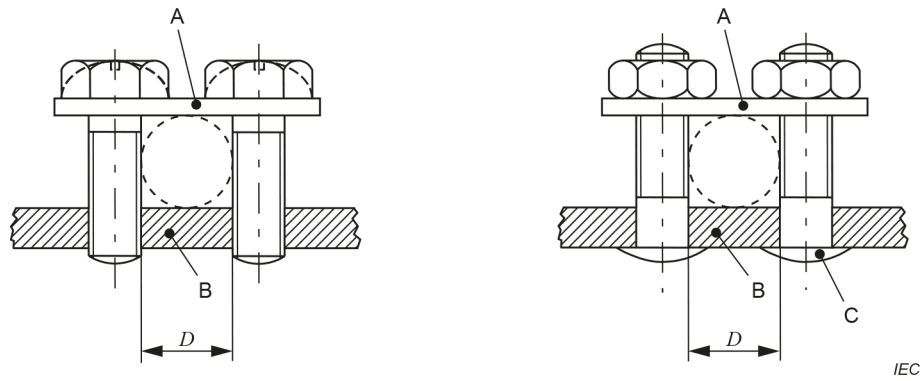
b) Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position can be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure F.2 – Examples of screw terminals and stud terminals

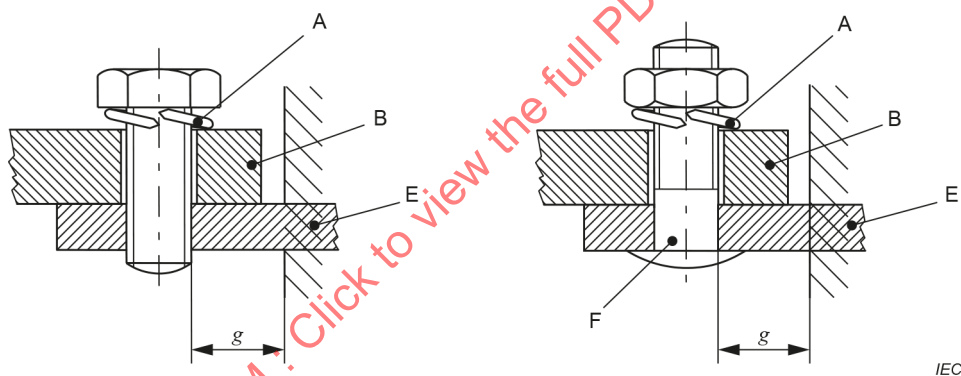


Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle can be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle. The terminals can have more than two clamping screws or studs.

Figure F.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 F.4 – Examples of lug terminals

Annex G

(informative)

Correspondence between ISO and AWG copper conductors

ISO sizes 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 of the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex H (informative)

Methods for determination of short-circuit power-factor

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 this annex.

a) 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 Napierian logarithms.

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

- 1) to 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;
- 2) to determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- 3) from a table of values of e^{-x} to determine the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- 4) the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

To determine the angle from:

$$\phi = \arctan (\omega \cdot L/R)$$

where ω is 2π times the actual frequency.

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

b) 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.

Bibliography

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	152
INTRODUCTION.....	155
1 Domaine d'application	156
2 Références normatives	157
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	158
3.1 Définitions relatives aux fiches et aux socles de prises de courant.....	158
3.2 Définitions relatives aux dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR)	159
3.2.1 Définitions relatives aux courants circulant entre les parties actives et la terre	159
3.2.2 Définitions relatives à l'alimentation des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR).....	160
3.2.3 Définitions relatives au fonctionnement et aux fonctions des dispositifs à courant différentiel résiduel	161
3.2.4 Définitions relatives aux valeurs et aux plages des grandeurs d'alimentation	161
4 Classification.....	162
4.1 Selon le type de connexion	162
4.1.1 Adaptateur intermédiaire du PCDM.....	162
4.1.2 Cordons prolongateurs non démontables protégés par un DDR	162
4.1.3 Fiches protégées par un DDR.....	162
4.1.4 PCDM pour fil souple	162
4.2 Selon le type de borne	162
4.3 Selon le comportement après ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation.....	162
4.4 Selon leurs caractéristiques de fonctionnement et leur comportement en présence de composantes continues	162
4.5 Selon la température de l'air ambiant.....	163
4.5.1 Pour une utilisation entre –5 °C et +40 °C	163
4.5.2 Pour une utilisation entre –25 °C et +40 °C.....	163
4.6 Classification selon la voie du conducteur de protection	163
4.6.1 PCDM avec conducteur de protection commuté	163
4.6.2 PCDM avec conducteur de protection non commuté	163
4.7 Selon l'alimentation.....	163
4.7.1 PCDM alimentés entre une phase et le neutre (LNSE ou LNE)	163
4.7.2 PCDM alimentés par deux phases (LLSE ou LLE)	163
4.8 Selon une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation	163
4.8.1 PCDM ne comportant pas de fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation.....	163
4.8.2 PCDM qui comportent une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation avec un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage (PRCD-S).....	163
5 Caractéristiques des PCDM.....	164
5.1 Récapitulatif des caractéristiques.....	164
5.2 Grandeurs assignées et autres caractéristiques.....	164
5.2.1 Tension assignée	164
5.2.2 Courant assigné (I_n).....	164
5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$).....	165

5.2.4	Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	165
5.2.5	Fréquence assignée	165
5.2.6	Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	165
5.2.7	Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	165
5.2.8	Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels comportant une composante continue.....	165
5.3	Valeurs normalisées et préférentielles	166
5.3.1	Valeurs préférentielles de la tension d'emploi assignée (U_e)	166
5.3.2	Valeurs normalisées du courant assigné (I_n)	166
5.3.3	Valeurs normalisées du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	166
5.3.4	Valeurs normalisées du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)	166
5.3.5	Valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes du PCDM.....	167
5.3.6	Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	167
5.3.7	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné (I_m)	167
5.3.8	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)	167
5.3.9	Valeur normalisée du courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})	167
5.3.10	Valeur normalisée du courant différentiel conditionnel assigné de court- circuit ($I_{\Delta c}$).....	167
5.3.11	Valeurs normalisées de la durée maximale de coupure.....	167
5.4	Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	168
5.4.1	Généralités	168
5.4.2	Courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})	168
5.4.3	Courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$).....	168
6	Marquage et autres informations sur le produit	168
6.1	Informations et marquage des PCDM.....	168
6.2	Informations à fournir dans une feuille d'instructions	171
7	Conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation.....	171
7.1	Conditions normalisées	171
7.2	Conditions d'installation	172
7.3	Degré de pollution.....	172
8	Exigences de construction et de fonctionnement	172
8.1	Conception mécanique.....	172
8.1.1	Généralités	172
8.1.2	Parties fiche, socle et DDR	173
8.1.3	Mécanisme	178
8.1.4	Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe C)	179
8.1.5	Vis, parties parcourues par un courant et connexions	182
8.1.6	Bornes pour les conducteurs externes des PCDM démontables	183
8.1.7	Terminaisons pour les PCDM non démontables	185
8.1.8	Parties parcourues par un courant	185
8.2	Protection contre les chocs électriques	186
8.2.1	Généralités	186

8.2.2	Exigences relatives aux fiches et aux socles, qu'ils soient incorporés ou non dans des éléments complets	186
8.3	Propriétés diélectriques	188
8.4	Échauffements	188
8.4.1	Limites d'échauffement	188
8.4.2	Température de l'air ambiant	188
8.5	Caractéristiques de fonctionnement	188
8.6	Endurance mécanique et électrique	188
8.7	Tenue aux courants de court-circuit	189
8.8	Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	189
8.9	Résistance à la chaleur	189
8.10	Résistance à la chaleur anormale et au feu	189
8.11	Dispositif d'essai	189
8.11.1	Généralités	189
8.11.2	Fonction d'essai	189
8.12	Comportement des PCDM en cas de défaillance de la tension d'alimentation	190
8.13	Comportement des PCDM en cas de surintensité dans le circuit principal	190
8.14	Résistance des PCDM aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc	190
8.15	Comportement des PCDM en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue	190
8.16	Fiabilité	190
8.17	Résistance au cheminement	190
8.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	191
8.19	Courant permanent dans le conducteur de protection	191
8.20	Performances électriques	191
8.20.1	Voie du conducteur de protection	191
8.20.2	Mécanisme de contact	191
8.20.3	Fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation et de conducteur de protection actif et donc dangereux	192
8.20.4	Comportement des PCDM en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection	192
9	Essai	192
9.1	Généralités	192
9.1.1	Caractéristiques des PCDM vérifiées par des essais de type	192
9.1.2	Pour les besoins de certification, essais de type à effectuer selon des séquences d'essais	193
9.1.3	Essais individuels de série	194
9.2	Conditions d'essai	194
9.3	Essai d'indélébilité du marquage	195
9.4	Essai de fiabilité des vis, des parties parcourues par un courant et des connexions	195
9.5	Essai de fiabilité des bornes pour conducteurs externes	196
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques	197
9.6.1	Essais avec les conducteurs de la plus petite et de la plus grande section	197
9.6.2	Essai avec la fiche complètement retirée	198
9.6.3	Essai avec la face d'engagement en position horizontale	198
9.6.4	Vérification de la résistance entre la borne de terre et la partie métallique accessible	198

9.6.5	Vérification de l'isolation entre la borne de terre et la partie métallique accessible	198
9.6.6	Essai au brin décâblé pour les PCDM démontables	198
9.6.7	Vérification du brin décâblé pour les PCDM non démontables	199
9.6.8	Vérification de la résistance électrique élevée de l'organe de manœuvre conducteur	199
9.7	Essai des propriétés diélectriques.....	199
9.7.1	Résistance à l'humidité	199
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal.....	200
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	201
9.7.4	Circuit secondaire des transformateurs de détection.....	201
9.7.5	Vérification des tensions de tenue aux chocs.....	201
9.8	Essai d'échauffement.....	205
9.8.1	Conditions d'essai	205
9.8.2	Température de l'air ambiant	205
9.8.3	Procédure d'essai	205
9.8.4	Mesurage de l'échauffement des différentes parties	206
9.8.5	Échauffement d'une partie	206
9.9	Vérification des caractéristiques de fonctionnement.....	206
9.9.1	Circuit d'essai.....	206
9.9.2	Essais à vide avec des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux à la température de référence de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$	206
9.9.3	Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence	207
9.9.4	Essais aux températures limites	207
9.9.5	Essais supplémentaires pour les PCDM classifiés selon le 4.8.2	208
9.9.6	Vérification du comportement des contacts du conducteur de protection.....	211
9.9.7	Vérification du comportement en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection.....	212
9.9.8	Vérification du courant permanent dans le conducteur de protection.....	212
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	213
9.10.1	Fonctionnement normal des socles et des fiches du PCDM	213
9.10.2	Essai de la partie DDR du PCDM.....	213
9.11	Vérification du comportement du PCDM dans des conditions de surintensité	214
9.11.1	Liste des essais de surintensité	214
9.11.2	Essais de court-circuit	215
9.11.3	Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture de la fiche et du ou des socles du PCDM, qu'ils soient séparés ou incorporés.....	221
9.12	Vérification de la résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	221
9.12.1	Généralités	221
9.13	Essai de résistance à la chaleur.....	223
9.14	Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu	224
9.14.1	Généralités	224
9.14.2	Essai au fil incandescent	224
9.15	Vérification du mécanisme à déclenchement libre	225
9.15.1	Conditions d'essai générales	225
9.15.2	Procédure d'essai	225
9.16	Vérification du dispositif d'essai	226
9.16.1	Vérification du fonctionnement du dispositif d'essai pour déconnecter la charge	226

9.16.2	Vérification des ampères-tours	226
9.17	Vérification du comportement des PCDM en cas de défaillance de la tension d'alimentation	226
9.17.1	Détermination de la valeur limite de la tension d'alimentation (U_X).....	226
9.17.2	Vérification du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation	227
9.17.3	Vérification de la refermeture des PCDM classifiés selon le 4.3.2 lorsque la tension d'alimentation est rétablie après ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation	227
9.18	Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité	228
9.19	Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \geq 0,010$ A	228
9.20	Vérification du fonctionnement correct avec des courants différentiels résiduels comportant une composante continue pour les PCDM classifiés selon le 4.4.2	228
9.20.1	Généralités	228
9.20.2	Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation continue d'un courant différentiel continu pulsé.....	228
9.20.3	Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus pulsés	229
9.20.4	Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence	229
9.20.5	Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé de 0,006 A.....	229
9.21	Vérification de la fiabilité	230
9.21.1	Essai climatique	230
9.21.2	Essai à la température de 40 °C	231
9.22	Vérification du vieillissement.....	232
9.23	Résistance au cheminement	233
9.24	Essai sur les broches comportant une gaine isolante	233
9.25	Essai de résistance mécanique des broches non massives des fiches et des socles mobiles	233
9.26	Vérification des effets des contraintes sur les conducteurs	233
9.27	Vérification du couple exercé par les PCDM enfichables sur les socles fixes	234
9.28	Essais du dispositif d'arrêt de câble	234
9.29	Essai de flexion des PCDM non démontables	235
9.30	Vérification de la compatibilité électromagnétique (CEM)	236
9.31	Essais remplaçant les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air pour les circuits électroniques connectés avec les conducteurs actifs (phase et neutre) et/ou entre les conducteurs actifs et le circuit de terre lorsque les contacts sont fermés	236
9.31.1	Les PCDM ne doivent pas engendrer de danger d'incendie et/ou de choc électrique dans les conditions anormales susceptibles de se produire en service.	236
9.31.2	Lorsque les PCDM sont exposés à des conditions anormales, aucune de leurs parties ne doit atteindre des températures susceptibles d'entraîner un danger d'incendie pour l'environnement des PCDM et aucune partie active ne doit devenir accessible.	237
9.31.3	Sauf spécification contraire, les essais sont effectués sur des PCDM montés, connectés et chargés comme cela est spécifié en 9.8.	237

9.32	Exigences pour les condensateurs et les résistances et inductances spécifiques utilisés dans les circuits électroniques connectés avec les conducteurs actifs (phase et neutre) et/ou entre les conducteurs actifs et le circuit de terre lorsque les contacts sont fermés	240
9.32.1	Condensateurs	240
9.32.2	Résistances et inductances	240
9.33	Vérification du comportement du PCDM dans les conditions de surtension temporaire (TOV)	240
9.33.1	Généralités	240
9.33.2	Essai pour tous les PCDM	241
9.33.3	Vérification après les essais	241
Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à soumettre pour vérifier la conformité au présent document.....		269
A.1	Vérification de la conformité	269
A.2	Séquences d'essais	269
A.3	Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	271
A.4	Nombre d'échantillons à soumettre aux procédures d'essai simplifiées en cas de présentation simultanée d'une gamme de PCDM de même conception de base	271
Annexe B (normative) Essais individuels de série		276
B.1	Généralités	276
B.2	Essai de déclenchement	276
B.3	Essai de rigidité diélectrique	276
B.4	Performance du dispositif d'essai	276
B.5	Essai au brin décâblé.....	277
B.6	Essai de continuité correcte	277
Annexe C (normative) Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite		278
C.1	Généralités	278
C.2	Orientation et emplacement d'une ligne de fuite	278
C.3	Lignes de fuite pour lesquelles plusieurs matériaux sont utilisés	278
C.4	Lignes de fuite divisées par une partie conductrice flottante	278
C.5	Mesurage des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air.....	278
Annexe D (normative) Liste des essais, des séquences d'essais supplémentaires et nombres d'échantillons pour vérifier la conformité des PCDM aux exigences de compatibilité électromagnétique (CEM)		283
D.1	Généralités	283
D.2	Essais de CEM déjà inclus dans la norme de produit	283
D.3	Essais supplémentaires de l'IEC 61543 à appliquer	284
Annexe E (informative) Application des PCDM classifiés selon le 4.8.2 (PRCD-S)		285
E.1	Explication de la fonction et de l'application d'un conducteur de protection commuté	285
E.2	Exemples de mauvais câblage de l'alimentation.....	286
Annexe F (informative) Exemples de conceptions de bornes.....		289
Annexe G (informative) Correspondance entre les conducteurs en cuivre ISO et AWG		292
Annexe H (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance de court-circuit.....		293
Bibliographie.....		294
Figure 1 – Exemples de types de connexions classifiés selon le 4.1		242

Figure 2 – Fil d'épreuve normalisé de 1,0 mm.....	243
Figure 3 – Calibre de vérification de la non-accessibilité aux parties actives à travers les obturateurs et aux parties actives pour les socles équipés d'une protection renforcée	244
Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct des PCDM en cas de courants résiduels continus pulsés	245
Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct des PCDM en cas de courants résiduels continus pulsés auxquels est superposé un courant continu lissé.....	246
Figure 6 – Vérification du comportement en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection	247
Figure 7 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné et de la coordination	248
Figure 8 – Tambour tournant.....	249
Figure 9 – Montage de l'essai de compression.....	249
Figure 10 – Appareillage d'essai de pression à la bille	250
Figure 11 – Montage et dimensions des électrodes de l'essai de tenue au cheminement	250
Figure 12 – Appareillage d'essai de retenue du câble	251
Figure 13 – Appareillage d'essai de flexion	252
Figure 14 – Montage de l'essai de résistance mécanique des PCDM équipés de cordons (9.12.6)	253
Figure 15 – Appareillage d'essai pour la vérification des valeurs minimales de I^2t et de I_p que doit supporter le PCDM (9.11.2.1 a)).....	254
Figure 16 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.21.1.4)	255
Figure 17 – Cycle d'essai de fiabilité (9.21.1.4).....	256
Figure 18 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.22).....	257
Figure 19 – Onde de courant sinusoïdale fortement amortie de 0,5 µs/100 kHz	257
Figure 20 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs	258
Figure 21 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales en fonction de la valeur de crête de la tension	259
Figure 22 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales en fonction de la valeur de crête de la tension de fonctionnement.....	260
Figure 23 – Cycle d'essai pour l'essai à basse température (9.9.4)	261
Figure 24 – Circuit d'essai pour la vérification des caractéristiques de fonctionnement (9.9), l'essai d'endurance (9.10), le mécanisme à déclenchement libre (9.15) et le comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (9.17)	262
Figure 25 – Circuit d'essai pour la vérification en cas d'enfichage du PCDM dans des systèmes d'alimentation non compatibles (9.9.5.4)	263
Figure 26 – Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection (PE) actif et donc dangereux (voir le Tableau 15)	264
Figure 27 – Vérification du neutre ouvert pour les types LNSE et de la phase ouverte pour les types LLSE.....	265
Figure 28 – Vérification d'un courant permanent dans le conducteur de protection en service normal (9.9.8)	266
Figure 29 – Vérification du conducteur de protection ouvert (voir le 9.9.5.5)	267
Figure 30 – Doigt d'épreuve normalisé	268

Figure C.1 – Exemples de méthodes de mesurage des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air	282
Figure E.1 – Exemples de mauvais câblage de l'alimentation pour les types LLSE	287
Figure E.2 – Exemples de mauvais câblage de l'alimentation pour les types LNSE	288
Figure F.1 – Exemples de bornes à trou	289
Figure F.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis	290
Figure F.3 – Exemples de bornes à plaquette	291
Figure F.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes	291
Tableau 1 – Valeurs normalisées du courant assigné et valeurs préférentielles correspondantes de la tension d'emploi assignée	166
Tableau 2 – Valeurs normalisées de la durée maximale de coupure pour des courants différentiels alternatifs	167
Tableau 3 – Marquage ou élément d'information	168
Tableau 4 – Conditions normalisées de fonctionnement en service	172
Tableau 5 – Sections minimales appropriées des câbles souples ou des cordons pour les fiches non démontables et les socles non démontables des PCDM	178
Tableau 6 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	181
Tableau 7 – Sections connectables des conducteurs en cuivre pour bornes à vis	184
Tableau 8 – Degré de protection procuré par les parties d'un PCDM	187
Tableau 9 – Valeurs des échauffements	188
Tableau 10 – Liste des essais de type	193
Tableau 11 – Section des conducteurs d'essai	194
Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples appliqués	195
Tableau 13 – Composition des conducteurs	197
Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de la tension de tenue aux chocs	203
Tableau 15 – Défaillance de l'alimentation et connexions d'un conducteur de protection (PE) actif et donc dangereux pour l'essai en référence aux raccordements corrects à l'alimentation pour les types LNSE et LLSE	209
Tableau 16 – Essais destinés à vérifier le comportement des PCDM dans des conditions de surintensité	215
Tableau 17 – Liste des essais de résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	221
Tableau 18 – Couple appliqué à la clé pour l'essai du 9.12.3	222
Tableau 19 – Plages de valeurs du courant de déclenchement pour les PCDM en cas de courant continu pulsé	229
Tableau 20 – Disposition appropriée des câbles pour l'essai de retenue des PCDM démontables	234
Tableau 21 – Températures maximales admises dans les conditions anormales	239
Tableau A.1 – Séquences d'essais	270
Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	271
Tableau A.3 – Réduction du nombre d'échantillons	273
Tableau A.4 – Réduction des séquences d'essais supplémentaires	274
Tableau A.5 – Réduction des séquences d'essais supplémentaires	275
Tableau D.1 – Essai de CEM	283
Tableau D.2 – Essais supplémentaires	284

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS DIFFÉRENTIELS PORTABLES À COURANT RÉSIDUEL
(PCDM) SANS PROTECTION INCORPORÉE CONTRE LES SURINTENSITÉS
POUR USAGES DOMESTIQUES ET ANALOGUES**

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.

L'IEC 61540 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. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1997 et son Amendement 1:1998. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le contenu du présent document a été révisé et aligné sur l'IEC 60755 (publication groupée de sécurité relative aux dispositifs à courant différentiel résiduel) et sur la bibliothèque de normes "blocs et modules";
- b) la classification "4.3 Selon le comportement après ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation" a été ajoutée;
- c) de nouvelles exigences et de nouveaux essais ont été ajoutés afin de couvrir la fonction de protection contre le danger de choc électrique mise en œuvre:
 - vérification du fonctionnement correct en cas d'absence du conducteur de protection;
 - vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection actif et donc dangereux;
 - vérification du fonctionnement correct en cas de perte du conducteur de protection;
 - vérification du comportement en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection;
- d) les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite ont été révisées et alignées sur l'IEC 62752 (IC-CPD);
- e) les valeurs des tensions minimales de fonctionnement ont été révisées;
- f) des exigences et un essai ont été ajoutés pour la température de l'air ambiant comprise entre –25 °C et +40 °C;
- g) l'essai des propriétés diélectriques a été révisé et aligné sur la bibliothèque de normes "blocs et modules";
- h) les articles concernés ont été alignés sur l'IEC 62752 (IC-CPD); l'IC-CPD est une norme de produit qui décrit des produits/fonctions analogues;
- i) toutes les annexes ont été révisées et adaptées au contenu du document principal.

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

Projet	Rapport de vote
23E/1320/FDIS	23E/1323/RVD

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

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

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

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences: caractères romains;
- *déclarations de conformité: caractères italiques;*
- notes: petits caractères romains.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

INTRODUCTION

Un dispositif différentiel portable à courant résiduel (ci-après désigné PCDM) comporte une fiche de prise de courant, un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR), ainsi qu'un ou plusieurs socles de prises de courant ou un moyen de connexion.

Le présent document a été harmonisé le plus possible avec les règles et les exigences de l'IEC 60755 (publication groupée de sécurité relative aux DDR) et la bibliothèque de normes "blocs et modules", comme cela est défini dans l'IEC 62873-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61540:2023

DISPOSITIFS DIFFÉRENTIELS PORTABLES À COURANT RÉSIDUEL (PCDM) SANS PROTECTION INCORPORÉE CONTRE LES SURINTENSITÉS POUR USAGES DOMESTIQUES ET ANALOGUES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux dispositifs différentiels portables à courant résiduel (PCDM) pour usages domestiques et analogues, qui comportent une fiche de prise de courant, un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR), ainsi qu'un ou plusieurs socles de prises de courant ou un moyen de connexion. Ces dispositifs n'incorporent pas de protection contre les surintensités. Ils sont destinés à des systèmes monophasés et diphasés pour des courants assignés inférieurs à 16 A à des tensions assignées ne dépassant pas 250 V en courant alternatif, ou pour des courants assignés inférieurs à 32 A à des tensions assignées ne dépassant pas 130 V en courant alternatif à la terre. Ils sont destinés à procurer une protection contre le danger de choc électrique en cas de contact direct en complément à la protection procurée par les installations fixes situées en aval du circuit.

Les PCDM ont un courant différentiel de fonctionnement assigné inférieur à 0,03 A.

Les parties fiche et socle d'un PCDM sont couvertes par la norme nationale du pays dans lequel est commercialisé le PCDM. En l'absence d'exigences nationales, l'IEC 60884-1 est utilisée.

Le présent document s'applique aux dispositifs portables qui remplissent à la fois les fonctions de détection du courant différentiel résiduel, de comparaison de la valeur de ce courant à une valeur de fonctionnement différentiel et d'ouverture du circuit protégé lorsque le courant différentiel résiduel dépasse cette valeur.

Les PCDM qui comportent une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation avec un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage (PRCD-S) sont également traités dans le présent document.

Les PCDM ne sont pas destinés à être utilisés dans le cadre d'installations fixes. Leurs dispositifs de connexion peuvent être des fiches, des socles de prises de courant, des bornes ou des câbles.

NOTE 1 Les exigences relatives aux PCDM sont conformes aux exigences générales de l'IEC 60755. Les PCDM sont essentiellement destinés à être mis en œuvre par des personnes ordinaires et conçus pour n'exiger aucun entretien.

NOTE 2 Un fusible intégré est utilisé, si nécessaire, pour le système fiche-socle concerné.

Les contacts de commutation des PCDM ne sont pas destinés au sectionnement, ce dernier pouvant être assuré en déconnectant la fiche.

Les exigences du présent document s'appliquent pour les conditions d'environnement définies en 7.1. Des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires pour les PCDM utilisés dans des emplacements, où les conditions d'environnement sont plus sévères.

Les PCDM qui comportent des batteries ne sont pas traités dans le présent document.

Le présent document n'établit pas d'exigences supplémentaires pour les PCDM sans contacts de terre qui peuvent faire l'objet d'exigences spécifiques. Le présent document peut toutefois être utilisé comme guide pour de tels dispositifs, qui sont destinés à être utilisés avec des appareils de Classe II seulement.

2 Références normatives

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

IEC 60065, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

IEC 60068-3-4, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

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

IEC 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension assignée au plus égale à 450/750 V*

IEC 60245 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc – Tension assignée au plus égale à 450/750 V*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60384-14, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes pour la suppression des interférences électromagnétiques et la connexion au réseau d'alimentation*

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 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique 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, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60755, *General safety requirements for residual current operated protective devices* (disponible en anglais seulement)

IEC 60884-1:2022, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Exigences générales*

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 61249-2 (toutes les parties), *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion*

IEC 61543:2022, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestiques et analogues – Compatibilité électromagnétique*

IEC 62752, *Appareil de contrôle et de protection intégré au câble pour la charge en mode 2 des véhicules électriques (IC-CPD)*

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

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences relatives aux appareils électrodomestiques, aux outils électriques et aux appareils analogues – Partie 1: Émission*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62873-2 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE 1 Sauf spécification contraire, lorsque les termes "tension" et "courant" sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces.

NOTE 2 Dans l'ensemble du présent document, le mot "PCDM" est utilisé pour "DDR".

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Définitions relatives aux fiches et aux socles de prises de courant

3.1.1

fiche

appareil équipé de broches conçues pour s'engager dans les contacts d'un socle de prise de courant et qui comprend également des dispositifs pour la connexion électrique et la retenue mécanique des câbles souples ou des cordons

3.1.2

socle

appareil équipé de contacts femelles conçus pour recevoir les broches d'une fiche et qui comprend des bornes pour la connexion de conducteurs

3.1.3

socle mobile

socle destiné à être relié ou intégré à des câbles souples ou des cordons, et qui peut être facilement déplacé lorsqu'il est relié au circuit d'alimentation

3.1.4**socles multiples**, pl

combinaison de deux ou plusieurs socles

3.1.5**fiche démontable**

appareil construit de façon que le câble souple ou le cordon puisse être remplacé

3.1.6**fiche non démontable****socle mobile non démontable**

appareil construit de façon qu'il forme une unité complète avec le câble souple ou le cordon après la connexion et l'assemblage par le fabricant de l'appareil

Note 1 à l'article: Voir aussi le 14.1 de l'IEC 60884-1:2022.

3.1.7**appareil surmoulé**

appareil non démontable enrobé dans un matériau isolant moulé autour des parties constitutives préassemblées et les terminaisons du câble souple ou du cordon

3.1.8**cordon prolongateur**

ensemble composé d'un câble souple ou d'un cordon, équipé d'une fiche non démontable et d'un socle mobile non démontable

3.1.9**borne**

dispositif de connexion, isolé ou non, servant à la connexion réutilisable des conducteurs d'alimentation

3.1.10**terminaison**

dispositif de connexion, isolé ou non, servant à la connexion non réutilisable des conducteurs d'alimentation

3.1.11**adaptateur**

appareil formant un tout qui incorpore les broches de la fiche et les contacts femelles

3.1.12**adaptateur intermédiaire**

adaptateur qui permet la connexion d'une ou de plusieurs fiches à un socle au moyen d'un dispositif de commande tel qu'un gradateur, un interrupteur horaire, un interrupteur photoélectrique, un dispositif à courant différentiel résiduel, etc., connecté à ce dernier par un câble souple

3.2 Définitions relatives aux dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR)**3.2.1 Définitions relatives aux courants circulant entre les parties actives et la terre****3.2.1.1****situation dangereuse**

situation de danger de choc électrique qui survient lorsqu'un courant de défaut à la terre supérieur à $I_{\Delta n}$ (voir le 5.2.3) parcourt le DDR pendant une durée supérieure à celle spécifiée dans le Tableau 2

3.2.1.2

défaillance de l'alimentation

situation qui survient en cas de

- neutre coupé;
- conducteurs de phase coupés dans le cas de systèmes alimentés entre phases;
- conducteur PE coupé

3.2.2 Définitions relatives à l'alimentation des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR)

3.2.2.1

valeur d'impédance limite

R_x

valeur maximale de l'impédance entre le raccordement PE du PCDM et la source d'alimentation pour laquelle la protection est assurée lorsque le PCDM est alimenté entre une seule phase et le PE

3.2.2.2

PCDM de type LNSE

type LNSE

dispositif qui comporte un conducteur de protection commuté utilisé dans une alimentation entre phase et neutre (L, N, PE)

Note 1 à l'article: Pour obtenir un exemple, voir l'Annexe E.

3.2.2.3

PCDM de type LLSE

type LLSE

dispositif qui comporte un conducteur de protection commuté utilisé dans une alimentation entre deux phases (L1, L2, PE)

Note 1 à l'article: Pour obtenir un exemple, voir l'Annexe E.

3.2.2.4

PCDM de type LNE

type LNE

dispositif qui comporte un conducteur de protection non commuté utilisé dans une alimentation entre phase et neutre (L, N, PE)

3.2.2.5

PCDM de type LLE

type LLE

dispositif qui comporte un conducteur de protection non commuté utilisé dans une alimentation entre deux phases (L1, L2, PE)

3.2.2.6

conducteur de protection

PE

<identification> conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

3.2.2.7

conducteur de protection actif et donc dangereux

condition de mauvais câblage ou de défaut, où le conducteur de protection du socle est actif et, dans certaines conditions, peut occasionner un choc électrique dangereux

3.2.3 Définitions relatives au fonctionnement et aux fonctions des dispositifs à courant différentiel résiduel

3.2.3.1

t_u

valeur de la durée d'interruption de l'alimentation électrique au-dessous de laquelle le PCDM ne s'ouvre pas automatiquement en l'absence d'un courant différentiel résiduel (voir le 9.17.2)

3.2.3.2

PCDM à déclenchement libre

PCDM dont les contacts mobiles reviennent et restent en position ouverte lorsque la manœuvre automatique d'ouverture est engagée après la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu

Note 1 à l'article: Afin d'assurer une interruption correcte du courant qui peut avoir été établi, il peut être nécessaire que les contacts atteignent momentanément la position fermée.

3.2.3.3

durée de coupure

<d'un PCDM> temps qui s'écoule entre l'instant où le courant différentiel de fonctionnement est appliqué soudainement et de l'extinction de l'arc dans tous les pôles

3.2.3.4

PRCD-S

PCDM qui comportent une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation avec un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage.

3.2.4 Définitions relatives aux valeurs et aux plages des grandeurs d'alimentation

3.2.4.1

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée par le fabricant pour une condition de fonctionnement spécifique d'un PCDM

[SOURCE: IEC 62873-2:2016, 3.4.1, modifiée – La modification de la version anglaise pour cette définition ne concerne pas la version française.]

3.2.4.2

surintensité de non-fonctionnement

<dans le circuit principal> valeur maximale d'une surintensité d'une charge monophasée qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre, et en l'absence d'une fuite de courant à la terre, peut parcourir un PCDM bipolaire sans provoquer son fonctionnement

Note 1 à l'article: En cas de surintensité dans le circuit principal, en l'absence de courant différentiel résiduel, le dispositif de détection peut fonctionner en raison de la dissymétrie existante dans le dispositif de détection lui-même.

3.2.4.3 Définitions relatives aux valeurs limites (U_x et U_y) de la tension d'alimentation pour les PCDM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation

3.2.4.3.1

U_x

valeur minimale de la tension d'alimentation à laquelle un PCDM fonctionne encore dans les conditions spécifiées en cas de diminution de la tension d'alimentation (voir le 9.17.1)

3.2.4.3.2

U_y

valeur minimale de la tension d'alimentation au-dessous de laquelle un PCDM s'ouvre automatiquement en l'absence d'un courant différentiel résiduel (voir le 9.17.2)

4 Classification

4.1 Selon le type de connexion

NOTE Voir la Figure 1.

4.1.1 Adaptateur intermédiaire du PCDM

PCDM qui incorpore une fiche et un ou deux socles de prises de courant.

4.1.2 Cordons prolongateurs non démontables protégés par un DDR

4.1.2.1 PCDM dont la partie DDR incorpore la fiche à une extrémité et un cordon avec un ou plusieurs socles à l'autre extrémité.

4.1.2.2 PCDM dont la partie DDR est équipée d'un cordon et d'une fiche d'un côté et d'un cordon et d'un ou de plusieurs socles de l'autre côté.

4.1.2.3 PCDM dont la partie DDR incorpore un ou plusieurs socles à une extrémité et un cordon avec une fiche non démontable à l'autre extrémité.

4.1.3 Fiches protégées par un DDR

4.1.3.1 PCDM incorporant une fiche et un jeu de bornes.

4.1.3.2 Fiche d'appareil protégée par un DDR: PCDM incorporant la fiche et équipé d'un cordon non démontable.

4.1.4 PCDM pour fil souple

4.1.4.1 PCDM équipé d'une fiche non démontable et d'un cordon non démontable du côté alimentation et d'un jeu de bornes du côté utilisation.

4.1.4.2 PCDM équipé d'une fiche non démontable et d'un cordon non démontable du côté alimentation et d'un cordon non démontable du côté utilisation.

4.1.4.3 PCDM dont la partie DDR est équipée de bornes ou de cordons non démontables des deux côtés et destinée à être incorporée dans un équipement par le fabricant d'un tel équipement avec des dispositions spécifiques pour la sécurité de l'utilisateur.

4.2 Selon le type de borne

PCDM avec bornes à vis pour conducteurs en cuivre externes.

4.3 Selon le comportement après ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation

4.3.1 PCDM ne se refermant pas automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

4.3.2 PCDM se refermant automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

4.4 Selon leurs caractéristiques de fonctionnement et leur comportement en présence de composantes continues

4.4.1 PCDM de type AC.

NOTE Les PCDM de type AC ne sont pas admis dans les pays suivants: Allemagne, Royaume-Uni, Irlande.

4.4.2 PCDM de type A.

4.5 Selon la température de l'air ambiant

4.5.1 Pour une utilisation entre –5 °C et +40 °C

4.5.2 Pour une utilisation entre –25 °C et +40 °C

4.6 Classification selon la voie du conducteur de protection

4.6.1 PCDM avec conducteur de protection commuté

Cette classification couvre les PCDM qui comportent un conducteur de protection commuté.

4.6.2 PCDM avec conducteur de protection non commuté

Cette classification couvre les PCDM qui ne comportent pas de conducteur de protection commuté.

4.7 Selon l'alimentation

4.7.1 PCDM alimentés entre une phase et le neutre (LNSE ou LNE)

Les PCDM relevant de cette classification sont alimentés entre une phase et le neutre.

4.7.2 PCDM alimentés par deux phases (LLSE ou LLE)

Les PCDM relevant de cette classification sont alimentés par deux phases.

4.8 Selon une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation

4.8.1 PCDM ne comportant pas de fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation

Les PCDM relevant de cette classification ne comportent pas de fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation.

4.8.2 PCDM qui comportent une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation avec un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage (PRCD-S)

Les PCDM relevant de cette classification comportent une fonction supplémentaire de détection des défauts côté alimentation avec un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage.

Un PCDM classifié selon le 4.8.2 doit comporter un conducteur de protection commuté.

5 Caractéristiques des PCDM

5.1 Récapitulatif des caractéristiques

Les PCDM sont destinés à des systèmes monophasés et diphasés, et doivent être équipés d'une voie de terre.

Les caractéristiques d'un PCDM doivent être indiquées comme suit:

- type de connexion et applications;
- type de système de fiche et de socle de prise de courant auquel il appartient;
- degré de protection selon l'IEC 60529;
- tension d'emploi assignée U_e (voir le 5.2.1.1);
- courant assigné I_n (voir le 5.2.2);
- courant différentiel de fonctionnement assigné $I_{\Delta n}$ (voir le 5.2.3);
- courant différentiel de non-fonctionnement assigné $I_{\Delta no}$ (voir le 5.2.4);
- fréquence assignée (voir le 5.2.5);
- pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m (voir le 5.2.6);
- pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$ (voir le 5.2.7);
- caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels comportant une composante continue (voir le 5.2.8);
- courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc} (voir le 5.4.2);
- courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta c}$ (voir le 5.4.3).

5.2 Grandeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

La tension d'emploi assignée d'un PCDM est la valeur de la tension attribuée par le fabricant à laquelle se rapportent ses performances.

NOTE Plusieurs tensions d'emploi peuvent être assignées à un même PCDM.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un PCDM est la valeur de la tension attribuée par le fabricant à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectriques et les lignes de fuite.

Sauf spécification contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension maximale du PCDM. La tension maximale ne doit en aucun cas dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Courant attribué par le fabricant comme le courant que le PCDM peut supporter en service ininterrompu (voir l'IEC 62873-2) à la température de l'air ambiant de référence spécifiée.

5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Valeur du courant différentiel de fonctionnement (voir l'IEC 62873-2), attribuée au PCDM par le fabricant et à laquelle le PCDM doit fonctionner dans les conditions spécifiées.

Pour les PCDM qui comportent plusieurs réglages du courant différentiel de fonctionnement, le réglage le plus élevé est utilisé pour les caractériser.

5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

Valeur du courant différentiel de non-fonctionnement (voir l'IEC 62873-2), attribuée au PCDM par le fabricant, et à laquelle le PCDM ne fonctionne pas dans les conditions spécifiées.

5.2.5 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un PCDM est la fréquence industrielle pour laquelle est conçu le DDR et à laquelle correspondent les valeurs des autres caractéristiques.

NOTE Plusieurs fréquences peuvent être assignées à un même PCDM.

5.2.6 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribuée par le fabricant, qu'un PCDM peut établir, supporter et couper dans les conditions spécifiées.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.2.

5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Valeur efficace de la composante alternative du courant différentiel présumé, attribuée par le fabricant, qu'un PCDM peut établir, supporter et couper dans les conditions spécifiées.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.3.

5.2.8 Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels comportant une composante continue

5.2.8.1 PCDM de type AC

PCDM pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

5.2.8.2 PCDM de type A

PCDM pour lequel le déclenchement est assuré:

- comme pour le type AC;
- pour les courants différentiels résiduels continus pulsés; et
- pour les courants résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé de 0,006 A, avec ou sans commande de l'angle de phase, indépendamment de la polarité, qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

NOTE 1 Conformément à l'IEC 61140, les matériels électriques enfichables dont la puissance assignée est ≤ 4 kVA sont conçus de sorte que le courant du conducteur de protection, avec une composante continue superposée lissée, soit limité à 6 mA.

NOTE 2 Il est admis par hypothèse que l'essai du courant continu pulsé superposé à un courant continu différentiel résiduel lissé couvre le fonctionnement en cas de courant alternatif superposé à un courant continu différentiel résiduel lissé.

5.3 Valeurs normalisées et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension d'emploi assignée (U_e)

Les valeurs préférentielles de la tension d'emploi assignée sont 230 V et 120 V.

NOTE La valeur 240 V est aussi une valeur préférentielle provisoire, en plus de 230 V.

5.3.2 Valeurs normalisées du courant assigné (I_n)

Les valeurs normalisées du courant assigné sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs normalisées du courant assigné et valeurs préférentielles correspondantes de la tension d'emploi assignée

Type	Tension d'emploi assignée V	Courant assigné A
PCDM alimentés entre une phase et le neutre (LNSE ou LNE) PCDM alimentés par deux phases (LLSE ou LLE)	230	6, 10, 13, 16
PCDM alimentés entre une phase et le neutre (LNSE ou LNE) PCDM alimentés par deux phases (LLSE ou LLE)	120	10, 13, 15, 20, 30, 32

La tension d'emploi assignée du PCDM ne doit pas être inférieure à celle de la fiche. Le courant assigné du ou des socles ne doit pas être supérieur à celui du PCDM.

5.3.3 Valeurs normalisées du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Les valeurs normalisées du courant différentiel de fonctionnement assigné sont:

0,006 A – 0,01 A – 0,03 A.

5.3.4 Valeurs normalisées du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

La valeur normalisée du courant différentiel de non-fonctionnement est $0,5 I_{\Delta n}$.

Si, pour les PCDM conformes au 4.6.1, le conducteur de protection est passé à travers le transformateur de courant avec un nombre de spires supérieur au nombre de conducteurs actifs sur un dispositif $I_{\Delta n} = 30$ mA, cette valeur peut être réduite à $0,25 I_{\Delta n}$.

NOTE Pour les courants différentiels résiduels continus pulsés, les courants différentiels de non-fonctionnement dépendent de l'angle de retard de conduction α (voir le Tableau 19).

5.3.5 Valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes du PCDM

La valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes du PCDM est égale à $4 I_n$.

5.3.6 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée

Les valeurs préférentielles de la fréquence assignée sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

Si une autre valeur est utilisée, la valeur de la fréquence assignée doit être marquée sur l'appareil et les essais doivent être effectués à cette fréquence.

5.3.7 Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné (I_m)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m est de $10 I_n$ ou de 250 A si cette valeur est plus élevée.

5.3.8 Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné est égale à $10 I_n$ ou 250 A, si cette valeur est plus élevée.

5.3.9 Valeur normalisée du courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})

La valeur normalisée du courant conditionnel assigné de court-circuit est 1 500 A.

5.3.10 Valeur normalisée du courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$)

La valeur normalisée du courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit est 1 500 A.

5.3.11 Valeurs normalisées de la durée maximale de coupure

Les valeurs normalisées de la durée de coupure sont indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Valeurs normalisées de la durée maximale de coupure pour des courants différentiels alternatifs

$I_{\Delta n}$ (A)	Valeurs normalisées de la durée maximale de coupure à			
	s			
	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$> 5 I_{\Delta n}$
Toute valeur	0,3	0,15	0,04	0,04

NOTE Pour le fonctionnement avec des courants différentiels résiduels comportant une composante continue, voir le 9.20.

5.4 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

5.4.1 Généralités

Les PCDM doivent être protégés contre les courts-circuits au moyen de disjoncteurs ou de fusibles conformes aux normes pertinentes et conformément aux règles d'installation de la série IEC 60364.

La coordination entre les PCDM et les différents dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) doit être vérifiée dans les conditions générales du 9.11.2.1, par les essais décrits en 9.11.2.4 qui vérifient l'existence d'une protection adéquate contre les courants de court-circuit jusqu'à la valeur du courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc} et jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta c}$.

5.4.2 Courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})

Valeur efficace du courant présumé, attribuée par le fabricant, qu'un PCDM protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans subir d'altérations compromettant son fonctionnement.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.4 a).

5.4.3 Courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$)

Valeur du courant différentiel présumé, attribuée par le fabricant, qu'un PCDM protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans subir d'altérations compromettant son fonctionnement.

Les conditions sont spécifiées en 9.11.2.4 c).

6 Marquage et autres informations sur le produit

6.1 Informations et marquage des PCDM

Les informations données dans le Tableau 3 doivent être fournies.

Tableau 3 – Marquage ou élément d'information

	Marquage ou élément d'information	Emplacement du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit en usage normal	Sur le produit	Dans une brochure ou dans le catalogue du fabricant
A	Nom ou marque commerciale du fabricant		x	x
B	Désignation du type, numéro de catalogue ou numéro de série		x	x
C	Tension(s) d'emploi assignée(s)		x	x
D	Fréquence assignée; les PCDM avec plusieurs fréquences assignées (50/60 Hz, par exemple) doivent être marqués en conséquence			x
E	Courant assigné		x	x
F	Courant différentiel de fonctionnement assigné	x		x
G	Degré de protection	x		x
H	Organe de manœuvre du dispositif d'essai, repéré par la lettre T	x		x

	Marquage ou élément d'information	Emplacement du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit en usage normal	Sur le produit	Dans une brochure ou dans le catalogue du fabricant
I ¹	Caractéristiques de fonctionnement en présence de courants différentiels résiduels comportant des composantes continues	x		x
J	"SOUMETTRE À L'ESSAI AVANT UTILISATION"	x		x
K	Les PCDM classifiés selon le 4.5.2 doivent être marqués du symbole  , conformément à l'IEC 60417-6292:2015-11.	x		x
L	Pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné			x
M	Numéro de la norme du produit		x	x
N	PCDM classifiés selon le 4.6.1 portant le marquage IEC 60417-6289:2015-03 	x		x
O	Plage de températures de fonctionnement			x
P	Des moyens doivent être prévus pour distinguer les états ouvert et fermé du dispositif	x		
Q	S'il est nécessaire de distinguer les bornes d'alimentation et les bornes de sortie, celles-ci doivent être marquées clairement (en plaçant les indications "ligne" ou "sortie" près des bornes correspondantes, par exemple).		x	x
R	Les bornes exclusivement destinées à la connexion du conducteur neutre doivent être repérées par le symbole N		x	x
S	Les bornes exclusivement destinées à la connexion de la terre de protection doivent être repérées par le symbole (IEC 60417-5019:2006-08) 		x	x
T	Les PCDM classifiés selon le 4.8.2 doivent être marqués du symbole "PRCD-S"		x	
¹ L'un des marquages suivants s'applique: – PCDM de type AC marqué du symbole (IEC 60417-6148:2012-01)  – PCDM de type A marqué du symbole (IEC 60417-6149:2012-1) 				

Pour le marquage du courant assigné et de la tension d'emploi assignée, des nombres peuvent être utilisés. Ces nombres doivent être placés sur une ligne séparée par une barre oblique, ou le nombre du courant assigné doit être placé au-dessus de celui de la tension d'emploi assignée, séparés par un trait horizontal.

Le symbole pour la nature de l'alimentation doit être placé à côté du marquage du courant assigné et de la tension d'emploi assignée.

Exemples de marquages du courant, de la tension et de la nature de l'alimentation:

16 A 230 V~, ou $\frac{16}{230}$ ~, ou 16 A 230 V en courant alternatif,
ou 16/230 en courant alternatif, etc.

Lorsque des symboles sont utilisés, ils doivent être comme suit:

- | | |
|--|---|
| – ampères | A |
| – volts | V |
| – courant alternatif | ~ |
| – neutre | N |
| – terre de protection (IEC 60417-5019:2006-08) |  |

Le marquage doit être apposé directement sur le PCDM ou sur une ou plusieurs plaques signalétiques fixées au PCDM.

Si le PCDM est composé de plusieurs parties incorporant la partie DDR, les marquages correspondants C, D et E du Tableau 3 doivent être répétés sur chacune de ces parties.

Pour les PCDM autres que ceux manœuvrés au moyen de boutons poussoirs, la position ouverte doit être indiquée par le symbole "O" et la position fermée doit être indiquée par le symbole "I" (trait vertical court).

L'emploi de symboles nationaux supplémentaires est admis pour fournir cette indication. L'emploi exclusif de symboles nationaux est provisoirement admis pour indiquer les positions. Ces indications doivent être facilement lisibles lorsque le PCDM est en usage normal.

Pour les PCDM manœuvrés au moyen de deux boutons poussoirs, le bouton poussoir destiné à l'ouverture seulement doit être ROUGE et/ou marqué du symbole "O". Dans ce cas, le bouton d'essai distinct ne doit pas être rouge, mais doit être marqué de la lettre "T".

Si le bouton d'essai est le seul moyen d'ouverture, il reste marqué de la lettre T, auquel cas la couleur rouge peut être utilisée.

La couleur ROUGE ne doit être utilisée pour aucun autre bouton poussoir du PCDM. Si un bouton poussoir est utilisé pour la fermeture du contact et qu'il est clairement identifié comme tel, sa position enfoncée est suffisante pour indiquer la position fermée.

Le marquage doit être indélébile, facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles ou autres parties amovibles.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.3.

6.2 Informations à fournir dans une feuille d'instructions

- a) un énoncé indiquant à l'utilisateur de soumettre à l'essai le PCDM avant chaque utilisation en suivant une procédure complète représentant l'ordre logique des séquences d'actions;
- b) un énoncé précisant que le dispositif ne doit pas être utilisé s'il ne fonctionne pas correctement conformément aux instructions;
- c) des instructions adéquates pour le raccordement sûr des câbles souples appropriés, y compris des références à la série IEC 60227 et à la série IEC 60245, le nombre et la couleur des conducteurs, les sections minimale et maximale des âmes des conducteurs et leur longueur, si nécessaire;
- d) un énoncé concernant le système fiche-socle mobile pour lequel est prévu le PCDM;
- e) un énoncé mettant en garde contre un stockage ou une utilisation dans d'autres conditions que celles spécifiées dans le Tableau 4 et contre les mauvaises utilisations telles que la chute, l'immersion, etc.;
- f) un énoncé indiquant qu'un mauvais emploi de l'électricité peut être dangereux et qu'il convient de ne pas considérer l'emploi d'un PCDM mobile comme étant équivalent aux précautions élémentaires en matière d'électricité, ainsi qu'une instruction spécifique sur la nécessité de débrancher le PCDM afin de réaliser le sectionnement;
- g) un énoncé indiquant à l'utilisateur de demander l'avis du fabricant, du vendeur responsable ou d'un électricien compétent si le PCDM mobile se déclenche de façon répétée lorsqu'il est raccordé à l'appareil ou qu'il ne se déclenche pas lorsqu'il est soumis à l'essai conformément aux instructions;
- h) un énoncé indiquant à l'utilisateur que le PCDM doit être raccordé directement au socle fixe de prise de courant.

La conformité est vérifiée par examen.

7 Conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normalisées

Les PCDM conformes au présent document doivent être capables de fonctionner dans les conditions normalisées indiquées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Conditions normalisées de fonctionnement en service

Grandeur d'influence	Plage d'application normale	Valeur de référence	Tolérances d'essai ⁵⁾
Température ambiante ¹⁾	–5 °C à +40 °C ^{2) 6)} –25 °C à +40 °C ⁷⁾	20 °C	±5 °C
Altitude	Inférieure ou égale à 2 000 m		
Humidité relative (valeur maximale à 40 °C)	50 % ³⁾		
Champ magnétique externe	Inférieure ou égale à cinq fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	⁴⁾
Fréquence	Valeur de référence ±5 %	Valeur assignée	±2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %
Composante alternative en courant continu (pour une source auxiliaire externe)		Zéro	3 %
¹⁾ La valeur maximale de la température moyenne journalière est de +35 °C. ²⁾ Des valeurs en dehors de cette plage sont admises pour des conditions climatiques plus sévères après accord entre le fabricant et l'utilisateur. ³⁾ Des niveaux d'humidité relative plus élevés sont admis à des températures plus basses (par exemple, 90 % à 20 °C). ⁴⁾ Il convient de ne pas utiliser les PCDM à proximité d'un fort champ magnétique. Dans ce cas, des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires. ⁵⁾ Les tolérances données s'appliquent, sauf spécification contraire dans l'essai concerné. ⁶⁾ Pour la plage de –5 °C à +40 °C, des limites extrêmes de –20 °C et de +60 °C sont admises pendant le stockage et le transport. Il convient d'en tenir compte lors de la conception du dispositif. ⁷⁾ Voir le 4.5.2			

7.2 Conditions d'installation

Les PCDM doivent être utilisés conformément aux instructions du fabricant.

7.3 Degré de pollution

Les PCDM sont destinés à un environnement de degré de pollution 2 au minimum, c'est-à-dire présence uniquement d'une pollution non conductrice, mais une conductivité temporaire due à la condensation peut être rencontrée occasionnellement.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Conception mécanique

8.1.1 Généralités

Les PCDM doivent être conçus et construits de sorte que, en usage normal, leur fonctionnement soit sûr et qu'il ne présente aucun danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

La partie DDR doit être en une seule unité, et son bon fonctionnement ne doit pas dépendre de l'emplacement des câbles souples et des cordons qui lui sont raccordés; elle doit procurer un degré de protection IPXXD au minimum après avoir été assemblée comme en usage normal (voir le 8.2.2.5).

Une longueur maximale de câble de 2 m est admise entre la partie fiche et la partie DDR du PCDM.

Pour les PCDM équipés d'âmes souples, le conducteur vert-jaune doit être utilisé comme conducteur PE.

Aucune disposition ne doit permettre de modifier les caractéristiques de fonctionnement des PCDM.

Les fiches et socles des PCDM doivent être mécaniquement et électriquement compatibles avec le système fiche-socle dans lequel ils sont destinés à être utilisés.

Dans tous les cas suivants où l'IEC 60884-1 est référencée, pour les exigences et les essais relatifs aux parties fiche et socle, les normes nationales pertinentes du pays dans lequel est commercialisé le PCDM s'appliquent. En l'absence de norme nationale, l'IEC 60884-1 s'applique.

La conformité est vérifiée par examen et par les articles correspondants.

8.1.2 Parties fiche, socle et DDR

8.1.2.1 Dimensions des parties fiche et socle

La conformité est vérifiée par l'Article 9 de l'IEC 60884-1:2022.

8.1.2.2 Dispositions en vue de la mise à la terre

8.1.2.2.1 Les contacts de terre doivent être construits de sorte que, lors de l'insertion de la fiche, la connexion de terre soit établie avant la mise sous tension des contacts de la fiche parcourus par un courant.

Lors du retrait de la fiche, les contacts parcourus par un courant doivent se séparer avant la coupure de la connexion de terre.

La conformité est vérifiée par examen des plans de fabrication, en tenant compte de l'effet des tolérances, et en vérifiant les échantillons par rapport à ces plans.

NOTE La conformité aux feuilles de normes pertinentes assure le respect de cette exigence.

8.1.2.2.2 Les bornes de terre des PCDM démontables doivent être conformes aux exigences applicables du 8.1.6.

Elles doivent être de mêmes dimensions que les bornes correspondantes des conducteurs d'alimentation.

La connexion du conducteur de terre doit être assurée dans toutes les conditions susceptibles de se produire en usage normal, y compris le desserrage des vis de fixation du capot, un montage imprudent du capot, etc.

Pour les PCDM classifiés selon le 4.6.2, les parties du circuit de mise à la terre doivent être réalisées dans une seule pièce ou doivent être assemblées de façon permanente par rivetage ou soudage.

NOTE Dans le cadre des exigences du présent 8.1.2.2.2, les vis ne sont pas considérées comme des éléments de pièces de contact.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.5.

8.1.2.2.3 Pour les PCDM classifiés selon le 4.8.1, la connexion entre la borne de terre et les parties métalliques accessibles qui doivent y être reliées doit présenter une faible résistance.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.6.4.

8.1.2.2.4 Pour les PCDM classifiés selon le 4.8.2, les parties métalliques accessibles doivent être isolées de la borne de terre.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.6.4.

8.1.2.3 Fonctionnement des contacts de terre

Les contacts de terre doivent assurer une pression de contact suffisante et ne doivent pas se détériorer en usage normal.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.8, mais en appliquant le courant assigné aux bornes du chemin de mise à la terre de protection uniquement.

8.1.2.4 Force nécessaire au retrait de la fiche

L'Article 22 de l'IEC 60884-1:2022 s'applique.

8.1.2.5 Construction

8.1.2.5.1 Une partie non démontable d'un PCDM doit être telle que:

- le câble souple ou le cordon ne puisse pas être séparé de cette partie sans rendre le PCDM définitivement inutilisable;
- la partie ne puisse pas être ouverte à la main ou à l'aide d'un outil pour usage général, par exemple un tournevis.

Un PCDM est considéré comme définitivement inutilisable lorsque, pour son remontage, des pièces ou matériaux autres que ceux d'origine doivent être utilisés.

8.1.2.5.2 Les broches des fiches et des socles mobiles doivent présenter une résistance mécanique suffisante.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.12 et pour les broches non massives, par l'essai du 9.25 qui est effectuée après l'essai d'endurance mécanique du 9.10.

8.1.2.5.3 Les broches des fiches doivent être:

- verrouillées contre la rotation;
- non démontables, sans démonter la fiche au préalable;
- fixées de manière adéquate dans le corps de la fiche lorsque celle-ci est câblée et assemblée comme en usage normal.

Il ne doit pas être possible de replacer les broches ou les contacts de terre ou de neutre des fiches dans une position incorrecte.

La conformité est vérifiée par examen, par un essai manuel et par l'essai du 9.12.

8.1.2.5.4 Les contacts de terre et de neutre des socles mobiles doivent être verrouillés contre la rotation et ne doivent pas être démontables.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel après l'essai du 9.12.

8.1.2.5.5 Les contacts femelles doivent avoir une élasticité suffisante pour assurer une pression de contact adéquate.

Cette exigence peut aussi s'appliquer aux socles dans lesquels la pression de contact dépend des parties isolantes présentant de telles caractéristiques afin d'assurer un contact sûr et permanent dans toutes les conditions d'usage normal, notamment en ce qui concerne le retrait, le vieillissement et le fléchissement.

La conformité est vérifiée par examen, ainsi que par les essais du 9.10 et de l'Article 22 de l'IEC 60884-1:2022.

8.1.2.5.6 Les broches et les contacts femelles doivent résister à la corrosion et à l'abrasion.

La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par analyse chimique.

8.1.2.5.7 L'enveloppe des appareils démontables doit entourer complètement les bornes et les extrémités des câbles souples et des cordons.

La construction doit être telle que les âmes des conducteurs puissent être raccordées correctement et que, lorsque l'appareil est câblé et assemblé comme en usage normal, il n'y ait pas de risque:

- que les conducteurs s'appuient les uns contre les autres;
- qu'un conducteur dont l'âme est raccordée à une borne active entre en contact avec les parties métalliques accessibles;
- qu'un conducteur dont l'âme est raccordée à la borne de terre entre en contact avec les parties actives.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

8.1.2.5.8 Les PCDM classifiés selon le 4.1.3.1 et le 4.1.4.1 doivent être conçus de telle sorte que les vis ou écrous des bornes ne puissent pas se desserrer ou se déplacer de manière à établir un contact électrique entre des parties actives et la borne de terre ou des parties métalliques raccordées à la borne de terre.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

8.1.2.5.9 Les PCDM classifiés selon le 4.1.3.1 et le 4.1.4.1 doivent être conçus avec suffisamment de place pour procurer du jeu dans le conducteur de terre, de telle sorte qu'en cas de défaillance de l'arrêt de traction, la connexion du conducteur de terre soit soumise à une traction après les connexions des conducteurs parcourus par un courant et que, en cas de traction extrême, le conducteur de terre ne se rompt qu'après les conducteurs parcourus par un courant.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.26.

8.1.2.5.10 Les bornes des PCDM classifiés selon le 4.1.3.1 et le 4.1.4.1 doivent être disposées ou protégées de telle sorte qu'elles n'engendrent pas une situation dangereuse.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.6.6.

8.1.2.5.11 Pour les PCDM démontables classifiés selon le 4.1.3.1 et le 4.1.4.1:

- la méthode de protection employée contre la traction et la torsion doit être facilement identifiable;
- le dispositif d'arrêt de câble, ou au moins l'une de ses parties, doit être incorporé ou fixé en permanence à l'une des autres parties constitutives de la fiche ou du socle mobile;
- des méthodes de fortune, comme faire un nœud au câble ou cordon, ou nouer les extrémités avec une ficelle, ne doivent pas être utilisées;
- les dispositifs d'arrêt de câble doivent être appropriés pour les différents types de câbles souples ou de cordons qui peuvent y être connectés, et leur efficacité ne doit pas dépendre de l'assemblage des parties du corps;
- les dispositifs d'arrêt de câble doivent être en matériau isolant ou comporter un revêtement isolant fixé aux parties métalliques;
- les parties métalliques du dispositif d'arrêt de câble, y compris les vis de serrage, doivent être isolées du circuit de mise à la terre.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.2.5.12 Les parties isolantes qui maintiennent en place les parties actives doivent être fixées de façon fiable les unes aux autres, et il ne doit pas être possible de démonter l'appareil sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

8.1.2.5.13 Si les capots des PCDM sont équipés de manchons pour les orifices d'entrée des broches, ces manchons ne doivent pas pouvoir être enlevés de l'extérieur ni se détacher par inadvertance de l'intérieur, lorsque le capot est retiré.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.2.5.14 Les vis destinées à permettre l'accès à l'intérieur de l'appareil doivent être imperdables.

NOTE L'emploi de rondelles à ajustement serré en carton ou analogue est considéré comme une méthode adéquate pour maintenir en place les vis qui doivent être imperdables.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.2.5.15 La face d'engagement des fiches ne doit pas présenter d'autre saillie que celle des broches, lorsque la fiche est câblée et assemblée comme en usage normal.

La conformité est vérifiée par examen, après raccordement des conducteurs de la section spécifiée dans le Tableau 5.

NOTE Les contacts de terre ne sont pas considérés comme des saillies sur la face d'engagement.

8.1.2.5.16 La partie socle des PCDM doit être conçue de façon qu'aucune saillie sur leur face d'engagement n'empêche l'insertion complète des fiches associées.

La conformité est vérifiée en s'assurant que la distance entre les faces d'engagement du socle et de la fiche ne dépasse pas 1 mm lorsque la fiche est insérée dans le socle aussi loin que possible.

8.1.2.5.17 Les PCDM qui procurent un degré de protection supérieur à IPX4 doivent être équipés d'un presse-étoupe ou d'un dispositif analogue afin de rendre étanches les entrées de câbles.

Les PCDM qui procurent un degré de protection supérieur à IPX4 doivent être complètement enfermés lorsqu'ils sont équipés d'un câble souple ou d'un cordon comme en usage normal.

Pour les socles qui procurent un degré de protection supérieur à IPX0, le degré de protection doit être maintenu sans engager la fiche.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 16.2 de l'IEC 60884-1:2022.

NOTE La fermeture complète en l'absence d'une fiche insérée peut être assurée par un couvercle imperdable.

8.1.2.5.18 Les dispositifs de suspension à un mur ou à d'autres surfaces de montage doivent être conçus de telle sorte qu'ils ne permettent pas l'accès aux parties actives et qu'ils n'exposent pas les parties actives.

8.1.2.5.19 Si une fiche fait partie intégrante d'un matériel enfichable, celui-ci ne doit pas provoquer un échauffement excessif des broches ni exercer des contraintes excessives sur les socles fixes.

Pour les fiches dont les tensions et courants assignés sont inférieurs ou égaux à 250 V et 16 A respectivement, la conformité est vérifiée par les essais du 9.8 et du 9.27.

NOTE Pour les fiches de courants assignés supérieurs, les essais sont à l'étude.

8.1.2.5.20 Les fiches doivent avoir une forme telle et être réalisées dans un matériau tel qu'elles puissent facilement être retirées du socle correspondant à la main.

De plus, les surfaces de préhension doivent être conçues de telle sorte que la fiche puisse être retirée sans devoir exercer une traction sur le câble souple ou le cordon.

NOTE 1 Un essai approprié est à l'étude.

NOTE 2 Des exigences supplémentaires pour les socles multiples mobiles sont à l'étude.

8.1.2.6 Câbles souples et cordons et leur raccordement

8.1.2.6.1 Toutes les parties démontables des PCDM doivent être équipées d'un dispositif d'arrêt de câble de sorte que les conducteurs ne soient soumis à aucune contrainte, y compris de torsion, lorsqu'ils sont connectés aux bornes ou terminaisons, et que leur revêtement soit protégé contre l'abrasion.

La gaine éventuelle du câble doit être serrée dans le dispositif d'arrêt de câble.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.28.

8.1.2.6.2 Les parties non démontables des PCDM doivent être équipées d'un câble souple ou d'un cordon conforme à la série IEC 60227 ou à la série IEC 60245. Les sections minimales des conducteurs correspondant aux caractéristiques assignées des parties fiche et socle des appareils sont données dans les colonnes correspondantes du Tableau 5.

Tableau 5 – Sections minimales appropriées des câbles souples ou des cordons pour les fiches non démontables et les socles non démontables des PCDM

Caractéristiques assignées des parties fiche et socle	Section minimale des appareils non démontables mm ²
6 A 130/250 V	0,75
10 A 130/250 V	1
13 A 16 A 130/250 V	1,5
20 A 130 V	2,5
32 A 130 V	6

Le conducteur relié au contact de terre doit être repéré par la combinaison de couleurs vert-jaune.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et en vérifiant que les câbles souples ou cordons sont conformes à la série IEC 60227 ou à la série IEC 60245, selon le cas.

8.1.2.6.3 Les parties non démontables doivent être conçues de manière à protéger le câble souple ou le cordon contre un pliage excessif à l'entrée de l'appareil.

Les dispositifs de garde prévus à cet effet doivent être en matériau isolant et doivent être fixés de façon fiable.

Des ressorts métalliques hélicoïdaux, nus ou recouverts de matériau isolant, ne doivent pas faire office de dispositifs de garde.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.29.

8.1.2.6.4 Les parties surmoulées du PCDM doivent comporter des dispositifs qui empêchent les brins libres d'un conducteur de réduire les exigences de distance d'isolement minimale entre ces brins et toute surface externe accessible de l'appareil, à l'exception de la face d'engagement d'une fiche.

La conformité est vérifiée par examen conformément au 9.6.7.

8.1.3 Mécanisme

Les PCDM doivent être construits de telle sorte que les contacts mobiles puissent rester uniquement dans la position ouverte ou fermée, même lorsque l'organe de manœuvre est relâché dans une position intermédiaire.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, lorsqu'il est relâché, doit automatiquement prendre ou rester dans la position correspondant à celle des contacts mobiles. Dans ce cas, l'organe de manœuvre doit posséder deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts, mais une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être fournie pour l'ouverture automatique, auquel cas il doit être nécessaire de réarmer le PCDM manuellement avant de pouvoir refermer les contacts.

Si un bouton poussoir est utilisé pour la fermeture des contacts et qu'il est clairement identifié comme tel, sa position enfoncée est suffisante pour indiquer la position fermée.

Si un seul bouton poussoir est utilisé pour la fermeture et l'ouverture des contacts et qu'il est identifié comme tel, le bouton restant dans sa position enfoncée est suffisant pour indiquer la position fermée. En revanche, si le bouton ne reste pas en position enfoncée, un moyen supplémentaire doit être fourni pour indiquer la position des contacts.

Le dispositif indicateur peut être soit l'organe de manœuvre sous réserve qu'il possède deux positions de repos distinctes, soit un dispositif indicateur spécifique, soit une combinaison des deux.

Les PCDM qui s'ouvrent automatiquement en cas de défaillance de la tension d'alimentation et se referment automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie (voir le 4.3.2) doivent comporter des dispositifs qui fournissent les indications suivantes:

- "fermé": les contacts peuvent être soit fermés si le PCDM est sous tension, soit ouverts après une défaillance de la tension d'alimentation, auquel cas ils se referment automatiquement après rétablissement de la tension d'alimentation.
- "ouvert" si les contacts ont été ouverts soit par manœuvre manuelle, soit par déclenchement dû à un défaut à la terre.

Lorsqu'un voyant lumineux est utilisé pour indiquer les positions ouverte et fermée, celui-ci doit s'allumer et être de couleur vive lorsque le PCDM est en position fermée.

Pour les PCDM classifiés selon le 4.6.1, les contacts actifs ne doivent pas pouvoir rester fermés si le contact PE n'est pas fermé.

La conformité est vérifiée conformément au 9.9.6.3.

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou capots, et doit être indépendant des parties amovibles.

Un capot scellé en place par le fabricant est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons poussoirs, il ne doit pas être possible d'enlever les boutons de l'extérieur du PCDM.

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 fixés aux capots sont admis.

La conformité aux exigences ci-dessus est vérifiée par examen, par un essai manuel et, pour le mécanisme à déclenchement libre, par l'essai du 9.15.

8.1.4 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe C)

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées dans le Tableau 6 lorsque le PCDM est mis en fonctionnement comme en usage normal. Les valeurs du Tableau 6 sont fondées sur le PCDM conçu pour fonctionner dans un environnement de degré de pollution 2 et de catégorie de surtension II.

Pour les parties fiche et socle, l'IEC 60884-1 s'applique.

NOTE Si des altitudes, des degrés de pollution ou des catégories de surtensions plus élevés sont étudiés, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite appropriées sont définies dans l'IEC 60664-1.

La conformité de l'élément 1 du Tableau 6 est vérifiée par mesure ou par l'essai du 9.7.5.3.1 et du 9.7.5.3.2. L'essai est effectué sur des échantillons qui n'ont pas été soumis au traitement à l'humidité décrit en 9.7.1.

Les distances d'isolement dans l'air des éléments 2 et 4 peuvent être réduites sous réserve que les distances d'isolement dans l'air mesurées ne soient pas inférieures à la valeur minimale admise dans l'IEC 60664-1 en conditions de champs homogènes. Dans ce cas, après le traitement à l'humidité décrit en 9.7.1, la conformité des éléments 2 et 4 et des montages du 9.7.2 éléments b), c) et d) sont vérifiés dans l'ordre suivant:

- les essais selon le 9.7.2;*
- l'essai selon le 9.7.5.2 est effectué en appliquant les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 14 et en utilisant les montages d'essai du 9.7.2, éléments b), c) et d).*

Si les mesurages ne montrent aucune réduction des distances d'isolement dans l'air, l'essai du 9.7.5.2 n'est pas effectué.

Pour les distances d'isolement dans l'air de l'élément 5 du Tableau 6, une double isolation ou une isolation renforcée doit être appliquée en amont des contacts de coupure du PCDM entre les parties actives dangereuses et

- les surfaces accessibles des organes de manœuvre;*
- les vis et autres moyens de fixation des capots qui peuvent être démontés lors du raccordement du connecteur;*
- les parties métalliques accessibles.*

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.7.5.2.

Tous les mesurages exigés en 8.1.4 doivent être effectués lors de la séquence d'essais A sur 1 échantillon, et les essais du 9.7.5.2 doivent être réalisés avant ceux du 9.7.1 sur 3 échantillons de la séquence d'essais B.

Les matériaux isolants sont classifiés dans des groupes de matériaux en fonction de leur indice de résistance au cheminement (IRC) conformément au 4.6.3 de l'IEC 60664-1:2020.

Pour les fiches à usage domestique et sous réserve qu'une norme nationale existe, la norme nationale pertinente s'applique. Si aucune norme nationale pertinente n'est disponible, l'IEC 60884-1 s'applique.

La vérification des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite sur les cartes de circuits imprimés est effectuée par les essais du 9.31.

Tableau 6 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

	Distances d'isolement dans l'air minimales ^g mm		Lignes de fuite minimales ^{c, g} mm					
			Groupe IIIa ^d (175 V ≤ IRC < 400 V) ^b		Groupe II (400 V ≤ IRC < 600 V) ^b		Groupe I (600 V ≤ IRC) ^b	
	Tension assignée V ^e		Tension de service V					
	120	250	120	250	120	250	120	250
Élément/Description	U_{imp} 1,5 kV	U_{imp} 2,5 kV						
1. entre les parties actives qui sont séparées lorsque les contacts principaux sont en position "ouvert" ^a	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
2. entre les parties actives de polarité différente	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
3. contacts de coupure en aval du PCDM entre les parties actives et – les surfaces accessibles des organes de manœuvre – les vis et autres moyens de fixation des capots qui peuvent être démontés lors du raccordement du connecteur – les parties métalliques accessibles ^f – le conducteur PE	0,5	1,5	1,5	2,5	1,05	1,8	0,75	1,5
4. contacts de coupure en amont du PCDM entre les parties actives et – les surfaces accessibles des organes de manœuvre – les vis et autres moyens de fixation des capots qui peuvent être démontés lors du raccordement du connecteur – les parties métalliques accessibles ^f	1,5	3	2,5	5	2,1	3,6	1,5	3

	Distances d'isolement dans l'air minimales ^g mm	Lignes de fuite minimales ^{c, g} mm		
		Groupe IIIa ^d (175 V ≤ IRC < 400 V) ^b	Groupe II (400 V ≤ IRC < 600 V) ^b	Groupe I (600 V ≤ IRC) ^b
	Tension assignée V ^e	Tension de service V		

NOTE 1 Les parties de la voie neutre, le cas échéant, sont considérées comme des parties actives.

NOTE 2 Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite du circuit secondaire et entre les enroulements primaires du transformateur du PCDM ne sont pas prises en considération.

^a Pour les contacts auxiliaires et les contacts de commande, les valeurs sont données dans la norme applicable.

^b Voir l'IEC 60112.

^c Les lignes de fuite correspondant aux valeurs de tension intermédiaires à celles répertoriées comme tension de service peuvent être déterminées par interpolation. En cas d'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs extraites des tableaux. Pour déterminer les lignes de fuite, voir l'Annexe C.

^d Pour le groupe de matériaux IIIb (100 V ≤ IRC < 175 V), les valeurs du groupe de matériaux IIIa multipliées par 1,6 s'appliquent.

^e La tension assignée est la tension d'emploi maximale à la terre.

^f Y compris une feuille métallique en contact avec les surfaces en matériau isolant accessibles après installation en usage normal. La feuille est poussée dans les coins, rainures, etc., au moyen d'un fil d'épreuve, conformément au 9.6 (voir la Figure 2).

^g Pour les altitudes de 3 000 m, les valeurs doivent être multipliées par 1,14. Pour les altitudes de 4 000 m, elles doivent être multipliées par 1,29.

8.1.5 Vis, parties parcourues par un courant et connexions

8.1.5.1 Les connexions électriques ou mécaniques doivent supporter les contraintes mécaniques qui se produisent en usage normal.

L'emploi de vis autotaraudeuses par déformation est admis pour les connexions mécaniques et les fixations.

Les vis ou les écrous qui transmettent la pression de contact doivent être en métal et doivent s'engager dans un filetage métallique.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais du 9.8, du 9.11, du 9.12, du 9.13 et du 9.22.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.4.

8.1.5.2 Pour les vis qui s'engagent dans un filetage en matériau isolant et qui sont mises en œuvre lors de l'assemblage du PCDM pendant l'installation, une insertion correcte de la vis dans le trou fileté ou dans l'écrou doit être assurée.

NOTE L'exigence d'insertion correcte est respectée si l'insertion en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le filet avant a été retiré.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

8.1.5.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas au travers des matériaux isolants autres que la céramique, le mica pur ou d'autres matériaux présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou un fléchissement éventuel du matériau isolant est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE L'adéquation du matériau est évaluée par rapport à la stabilité des dimensions.

8.1.5.4 Les parties parcourues par un courant, y compris les bornes de raccordement (ainsi que les bornes de terre) doivent être réalisées dans un métal qui présente, dans les conditions existant dans l'équipement, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion adéquates pour leur utilisation prévue.

La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par analyse chimique.

Exemples de métaux appropriés, lorsqu'ils sont utilisés dans la plage de températures admises et dans des conditions normales de pollution chimique:

- le cuivre;
- un alliage qui contient au moins 58 % de cuivre pour les parties laminées à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres parties;
- l'acier inoxydable qui contient au moins 13 % de chrome et au maximum 0,09 % de carbone;
- un autre métal ou un métal recouvert d'un revêtement approprié, qui présente une résistance au moins égale pour son utilisation prévue.

Les exigences du présent 8.1.5.4 ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties de dispositifs électroniques ni aux vis, écrous, rondelles, plaquettes et parties analogues des bornes et parties du circuit d'essai.

8.1.6 Bornes pour les conducteurs externes des PCDM démontables

8.1.6.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de façon à maintenir en permanence la pression de contact nécessaire.

Dans le présent document, seules les bornes à vis pour conducteurs en cuivre externes ont été prises en compte.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions d'utilisation prévue.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.5.

8.1.6.2 Les PCDM doivent être équipés de bornes qui doivent permettre la connexion de conducteurs en cuivre de sections nominales indiquées dans le Tableau 7.

NOTE Des exemples de conceptions de bornes sont fournis à l'Annexe F.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par l'essai du 9.5.4.

Tableau 7 – Sections connectables des conducteurs en cuivre pour bornes à vis

Courant assigné A	Plage de sections nominales à raccorder mm ²	Effort de traction d'essai N
	Âmes câblées souples	
6, 10, 13, 16	0,75 à 1,5	40
20	1,5 à 4	60
32	2,5 à 6	80
NOTE Pour les sections AWG, voir l'Annexe G.		

8.1.6.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun composant, même s'ils peuvent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.5.

8.1.6.4 Les bornes doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme "préparation spéciale" concerne le brasage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œilletons, etc. mais pas la remise en forme du conducteur avant son insertion dans la borne ou le torsadage d'une âme souple pour en consolider l'extrémité.

8.1.6.5 Les bornes doivent présenter une résistance mécanique adéquate.

Les vis et écrous de serrage des conducteurs doivent présenter un filetage métrique ISO, ou un pas et une résistance mécanique comparables.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.4 et du 9.5.2.

NOTE Les filetages SI, BA et UN sont provisoirement considérés comme étant équivalents au filetage métrique ISO en ce qui concerne le pas et la résistance mécanique.

8.1.6.6 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur sans lui causer de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.5.3.

8.1.6.7 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur de façon fiable et entre des surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.4 et du 9.5.2.

8.1.6.8 Les bornes doivent être conçues ou positionnées de telle manière qu'un brin d'un conducteur câblé ne puisse s'échapper lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.5.4.

8.1.6.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de telle sorte que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, leurs fixations ne doivent pas se desserrer.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de telle façon que leur rotation ou déplacement soient empêchés, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences du présent document.

L'emploi d'une résine ou d'un matériau d'étanchéité est considéré comme une mesure suffisante pour empêcher le desserrage d'une borne, à condition que:

- la résine ou le matériau d'étanchéité ne soit pas soumis à des contraintes en usage normal;
- l'efficacité de la résine ou du matériau d'étanchéité 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 du 9.4.

8.1.6.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinées à la connexion des conducteurs de protection doivent être protégés de façon adéquate contre un desserrage accidentel, 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, la conception des bornes, dont des exemples sont donnés à l'Annexe IC de l'IEC 61008-1:2010, procure une élasticité suffisante pour satisfaire à cette exigence.

Pour d'autres conceptions, des dispositions spéciales peuvent être nécessaires, comme l'utilisation d'une pièce élastique adéquate qui ne peut pas être retirée par inadvertance.

8.1.6.11 Les vis et écrous de bornes destinées à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique, et les vis ne doivent pas être des vis autotaraudeuses.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.7 Terminaisons pour les PCDM non démontables

Les PCDM non démontables doivent comporter des connexions permanentes brasées, soudées, serties ou des connexions d'efficacité équivalente.

Les connexions vissées ou enfichables ne doivent pas être utilisées.

Les connexions effectuées par sertissage d'une âme souple prébrasée ne sont pas admises, sauf si la zone brasée se situe en dehors de la zone sertie.

La conformité est vérifiée par examen.

8.1.8 Parties parcourues par un courant

Les parties parcourues par un courant qui sont incorporées dans les fiches ou les socles de prises de courant doivent également satisfaire au 26.5 de l'IEC 60884-1:2022.

Les parties parcourues par un courant qui peuvent être soumises à une usure mécanique ne doivent pas être constituées d'acier avec un revêtement électrolytique.

8.2 Protection contre les chocs électriques

8.2.1 Généralités

Les PCDM doivent être conçus de telle sorte que, lorsqu'ils sont utilisés conformément aux instructions du fabricant, les parties actives ne soient pas accessibles même après le retrait des parties qui peuvent être retirées sans l'aide d'un outil.

Une partie est considérée comme étant accessible si elle peut être touchée par le doigt d'épreuve normalisé (voir la Figure 30).

Les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque le PCDM est utilisé dans des conditions normales, doivent être soit en matériau isolant, soit entièrement revêtues de matériau isolant, sauf si les parties actives sont enfermées dans une enveloppe interne en matériau isolant.

Le revêtement doit être fixé de telle sorte qu'il ne soit pas susceptible de se désolidariser. Il doit avoir une épaisseur et une résistance mécanique suffisantes, et doit procurer une protection efficace même aux endroits qui présentent des angles vifs.

Les entrées de câbles doivent être soit en matériau isolant, soit comporter des manchons ou dispositifs analogues en matériau isolant. Ces dispositifs doivent être solidement fixés et avoir une résistance mécanique suffisante.

Les parties accessibles des organes de manœuvre doivent être réalisées dans un matériau isolant. Cela ne s'applique pas aux organes de manœuvre conducteurs qui assurent la détection des défauts côté alimentation pour les PCDM classifiés selon le 4.8.2.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. En outre, elles doivent être isolées de toutes les parties métalliques accessibles, y compris les châssis métalliques, plaques, vis ou autres organes de fixation ou de support.

Le vernis-laque et l'émail ne sont pas considérés comme procurant un isolement suffisant au sens du présent 8.2.1.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.6.

8.2.2 Exigences relatives aux fiches et aux socles, qu'ils soient incorporés ou non dans des éléments complets

8.2.2.1 Généralités

NOTE Ces exigences sont conformes aux 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 et 10.6 de l'IEC 60884-1:2022 pour les besoins du 8.2.2.2, ainsi qu'au 10.5 de l'IEC 60884-1:2022 pour les besoins du 8.2.2.3.

8.2.2.2 Exigences relatives à l'engagement des fiches dans les socles

Les parties actives des fiches ne doivent pas être accessibles lorsque la fiche est partiellement ou complètement engagée dans un socle.

NOTE Aux États-Unis, en Afrique du Sud, au Canada, en Suisse et au Japon, il n'est pas exigé de satisfaire à cette exigence pendant l'insertion de la fiche.

La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par l'essai du 9.6.1.

Il ne doit pas être possible d'établir une connexion entre la broche d'une fiche et un contact femelle actif d'un socle tant qu'une autre broche est accessible.

La conformité est vérifiée par un essai manuel et au moyen des calibres dont les dimensions sont les moins favorables pour ce type d'essai. Les tolérances des calibres spécifiées au 9.1 de l'IEC 60884-1:2022 doivent s'appliquer.

Pour les appareils dont l'enveloppe ou le corps est réalisé en matériau thermoplastique, l'essai est effectué à une température ambiante de $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$, l'appareil et le calibre étant à cette température.

Pour les socles dont l'enveloppe ou le corps est en caoutchouc ou en polychlorure de vinyle, le calibre est appliqué avec une force de 75 N pendant 1 min.

8.2.2.3 Les socles des PCDM doivent comporter des obturateurs et être construits de telle sorte que les parties actives ne soient pas accessibles par le calibre représenté à la Figure 3, sans qu'une fiche y soit insérée.

Les socles doivent être construits de façon que les contacts actifs soient automatiquement recouverts par un écran lorsque la fiche est retirée.

Le moyen utilisé doit être tel que le socle ne puisse pas être facilement commandé autrement que par la fiche et ne doit pas dépendre des parties susceptibles de se désolidariser.

La protection contre l'accès non délibéré aux contacts est vérifiée au moyen d'un calibre.

Le calibre de la Figure 3 doit seulement être appliqué aux orifices d'entrée correspondants des contacts actifs et ne doit pas toucher les parties actives.

Un indicateur électrique de tension comprise entre 40 V et 50 V est utilisé pour mettre en évidence le contact avec la partie concernée.

NOTE Dans les pays suivants, les socles sans obturateurs sont admis: AT, DE.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.6.2.

8.2.2.4 Les contacts de terre d'un socle doivent être conçus de telle sorte qu'ils ne puissent pas être déformés par l'insertion d'une fiche au point de compromettre la sécurité.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.6.2.

8.2.2.5 Degré de protection procuré par les PCDM

Le degré de protection procuré par les parties d'un PCDM ne doit pas être inférieur aux valeurs indiquées dans le Tableau 8 (voir aussi la note du 8.2.2.2).

Tableau 8 – Degré de protection procuré par les parties d'un PCDM

Partie	Degré de protection minimal	Référence de l'essai
DDR	IP4X	IEC 60529
Socle (corps)	IP4X	IEC 60529
Socle (parties actives)		9.6.2
Fiche pendant l'engagement	IP2X	9.6.1
Fiche engagée	IP2X	9.6.1

La conformité est vérifiée par l'essai applicable indiqué dans la dernière colonne.

L'entrée de câble des types démontables 4.1.3.1 et 4.1.4.1 doit procurer au moins le degré de protection IP2X.

La conformité est vérifiée par l'essai applicable de l'IEC 60529.

8.3 Propriétés diélectriques

Les PCDM doivent posséder des propriétés diélectriques adéquates.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.

8.4 Échauffements

8.4.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des différentes parties d'un PCDM spécifiées dans le Tableau 9, mesurés dans les conditions spécifiées en 9.8, ne doivent pas dépasser les valeurs limites indiquées dans le Tableau 9.

Le PCDM ne doit pas subir de dommages susceptibles de compromettre son fonctionnement et son utilisation en toute sécurité.

Tableau 9 – Valeurs des échauffements

Parties ^{1, 2}	Échauffement K
Broches de fiches, contacts de socles ou bornes pour connexions externes	50
Parties extérieures susceptibles d'être touchées en service normal	40
¹ Aucune valeur n'est spécifiée pour les contacts, car la conception de la plupart des PCDM est telle que la température de ces parties ne peut pas être mesurée directement sans risques d'altération ou de déplacement des parties susceptibles de compromettre la reproductibilité des essais. L'essai du 9.21.2 est considéré comme suffisant pour vérifier indirectement le comportement des contacts vis-à-vis des échauffements inadmissibles en service. ² Aucune valeur n'est spécifiée pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matériau isolant ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du PCDM ne doit pas être altéré.	

8.4.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement spécifiées dans le Tableau 9 s'appliquent uniquement si la température de l'air ambiant reste dans les limites indiquées dans le Tableau 4.

8.5 Caractéristiques de fonctionnement

Les caractéristiques de fonctionnement des PCDM doivent satisfaire aux vérifications du 9.9.

8.6 Endurance mécanique et électrique

Les PCDM doivent être capables d'accomplir un nombre adéquat de manœuvres mécaniques et électriques.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.10.1 et du 9.10.2.

8.7 Tenue aux courants de court-circuit

Les PCDM doivent être capables d'accomplir le nombre spécifié de manœuvres de court-circuit.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.11.

8.8 Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

Les PCDM doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes exercées pendant le raccordement et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.12.

8.9 Résistance à la chaleur

Les PCDM doivent avoir une résistance suffisante à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.13.

8.10 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matériau isolant des PCDM ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties parcourues par un courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent, à leur voisinage, une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matériau isolant est considérée comme étant vérifiée par les autres essais du présent document.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.14.

8.11 Dispositif d'essai

8.11.1 Généralités

Les PCDM doivent comporter un dispositif d'essai pour simuler le passage d'un courant différentiel à travers le dispositif de détection, en vue de réaliser des essais périodiques afin d'évaluer l'aptitude au fonctionnement du DDR.

NOTE Le dispositif d'essai est destiné à vérifier la fonction de déclenchement et non la valeur pour laquelle cette fonction est effective, en ce qui concerne le courant de fonctionnement différentiel assigné et les durées de coupure.

Les ampères-tours produits par le fonctionnement du dispositif d'essai d'un PCDM ne doivent pas dépasser 3,5 fois les ampères-tours produits lorsqu'un courant différentiel égal à $I_{\Delta n}$ parcourt l'un des pôles du PCDM.

Le dispositif d'essai doit satisfaire à l'essai du 9.16. Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas devenir actif lorsque le dispositif d'essai est manœuvré.

8.11.2 Fonction d'essai

Il ne doit pas être possible, lors du fonctionnement du dispositif d'essai, d'alimenter le circuit côté charge quand le PCDM est en position ouverte et connecté comme en usage normal.

Le dispositif d'essai peut être le seul moyen pour effectuer la manœuvre d'ouverture, auquel cas il doit également être conforme au 8.6.

L'organe de manœuvre du dispositif d'essai doit être accessible lorsque le PCDM est enfiché comme en usage normal.

8.12 Comportement des PCDM en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Les PCDM doivent fonctionner correctement pour toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 0,85 et 1,1 fois leur tension d'emploi assignée. En cas de perte d'alimentation, les PCDM doivent s'ouvrir automatiquement.

Les PCDM classifiés selon le 4.3.1 ne doivent pas se refermer automatiquement lorsque l'alimentation est rétablie.

Les PCDM classifiés selon le 4.3.2 doivent se refermer lorsque la tension d'alimentation est rétablie. Sauf s'ils se sont déclenchés à la suite d'un courant différentiel; une refermeture momentanée des contacts pendant une durée inférieure ou égale à celle indiquée dans le Tableau 2 est admise, lorsque la tension d'alimentation est rétablie dans les conditions de défaut.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9 et du 9.17 dans les conditions d'essai supplémentaires spécifiées en 9.9.2.

8.13 Comportement des PCDM en cas de surintensité dans le circuit principal

Les PCDM ne doivent pas fonctionner dans les conditions spécifiées de surintensité.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.18.

8.14 Résistance des PCDM aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc

Les PCDM doivent supporter les tensions de choc de façon appropriée.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.19.

8.15 Comportement des PCDM en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue

Les PCDM classifiés selon le 4.4.2 doivent assurer le déclenchement à la fois en cas de courant différentiel alternatif et de courant différentiel continu pulsé, que les courants soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.20.

8.16 Fiabilité

Les PCDM doivent fonctionner de manière fiable, même après une longue durée de service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.21 et du 9.22.

8.17 Résistance au cheminement

Les parties en matériau isolant en contact avec les parties actives doivent être résistantes au cheminement.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.23.

8.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les PCDM doivent fonctionner de manière fiable, même en présence de perturbations électromagnétiques, et doivent satisfaire aux exigences de CEM applicables.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.30.

8.19 Courant permanent dans le conducteur de protection

L'intensité du courant permanent dans le PE ne doit pas dépasser 1 mA.

Si le conducteur de protection est connecté à des parties actives, cette connexion doit être établie au moyen d'une impédance de protection qui doit comporter au moins deux impédances indépendantes connectées en série.

Les condensateurs utilisés comme impédance de protection doivent être de type Y2 conformément à l'IEC 60384-14.

Il ne doit être possible de retirer l'impédance de protection que si le PCDM est détruit et n'est plus utilisable.

La vérification est effectuée par examen et par les essais selon le 9.9.8.

8.20 Performances électriques

8.20.1 Voie du conducteur de protection

Le contact commuté dans la voie du conducteur de protection, le cas échéant, doit assurer une pression de contact suffisante et ne doit pas se détériorer en usage normal. Le conducteur de protection peut passer à travers le tore de détection tant que l'unité satisfait à l'essai de fonctionnement approprié. Il doit être vérifié par examen qu'aucun dispositif à semiconducteurs n'est connecté en série dans la voie du conducteur de protection.

La conformité est vérifiée par l'essai d'échauffement du 9.8, l'essai de pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné du 9.11.2.3 et l'essai de courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit du 9.11.2.4 c).

8.20.2 Mécanisme de contact

Chaque conducteur de phase et le conducteur neutre, le cas échéant, du PCDM doivent être équipés de contacts de commutation. Pour les PCDM classifiés selon le 4.6.1, le conducteur de protection doit être équipé d'un contact de commutation. Les contacts de phase et le contact de neutre, le cas échéant, doivent être couplés mécaniquement ou électriquement de telle sorte qu'ils se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble.

Le contact du conducteur de protection, le cas échéant, peut être couplé mécaniquement ou électriquement aux contacts de phase et de neutre.

Le contact de commutation de la voie du conducteur de protection, le cas échéant, doit se fermer avant et s'ouvrir après les contacts de commutation des conducteurs actifs, ou se fermer et s'ouvrir effectivement avec les conducteurs actifs.

Il doit être possible de mettre hors tension le PCDM lorsque celui-ci est enfiché et alimenté comme en usage normal. Cette exigence n'est pas considérée comme respectée si la fiche peut être retirée de sa source d'alimentation. Le dispositif d'essai peut être utilisé à cette fin.

La conformité aux exigences ci-dessus est vérifiée par examen et par les essais applicables du 9.10.2.2.

Le PCDM doit disposer de moyens pour se réarmer manuellement après un déclenchement dû à un courant différentiel résiduel. Cela peut être effectué par des dispositifs spécifiques ou par déconnexion de la fiche du socle.

Le PCDM doit comporter un indicateur qui identifie l'état des contacts et fournit une indication ou une réponse claire en cas de contacts fermés de manière non intentionnelle.

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou capots, et doit être indépendant des parties amovibles.

Les PCDM doivent comporter une fonction à déclenchement libre, où les contacts mobiles reviennent et restent en position ouverte lorsque la manœuvre automatique d'ouverture est engagée après la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu.

Un capot scellé en place par le fabricant est considéré comme une partie non amovible.

La conformité aux exigences ci-dessus est vérifiée par examen et par les essais applicables du 9.15.

8.20.3 Fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation et de conducteur de protection actif et donc dangereux

Le PCDM doit avoir un comportement défini en cas de danger de choc électrique dû à une défaillance de l'alimentation (voir le 3.2.1.2) ou en cas de danger de choc électrique dû à un mauvais câblage.

Les PCDM classifiés selon le 4.8.2 peuvent comporter un organe de manœuvre conducteur pour détecter les défauts côté alimentation. Cet organe de manœuvre conducteur doit avoir une résistance électrique élevée pour éviter tout choc électrique.

Seuls les PCDM classifiés selon le 4.8.2 sont concernés.

La conformité à cette exigence est vérifiée par l'essai du 9.9.5 et du 9.6.8.

8.20.4 Comportement des PCDM en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection

En fonctionnement normal, les PCDM classifiés selon le 4.6.1 doivent être conçus de manière à ne pas mettre hors tension le conducteur de protection lorsqu'un courant de défaut est fourni par un circuit électrique externe.

NOTE Par exemple, un circuit électrique externe peut fournir un courant de défaut dans une perceuse, ce qui endommage une phase d'un autre circuit protégé.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.9.7.

9 Essai

9.1 Généralités

9.1.1 Caractéristiques des PCDM vérifiées par des essais de type

La liste des essais de type exigés par le présent document est fournie dans le Tableau 10.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à nouveau à l'essai les fiches et les socles qui ont déjà été soumis aux essais de type conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

Tableau 10 – Liste des essais de type

Essais	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3
– Fiabilité des vis, des parties parcourues par un courant et des connexions	9.4
– Fiabilité des bornes pour conducteurs externes	9.5
– Protection contre les chocs électriques	9.6
– Propriétés diélectriques	9.7
– Échauffements	9.8
– Caractéristiques de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10
– Comportement des PCDM dans des conditions de surintensité	9.11
– Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	9.12
– Résistance à la chaleur	9.13
– Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu	9.14
– Mécanisme à déclenchement libre	9.15
– Vérification du dispositif d'essai	9.16
– Comportement des PCDM en cas de défaillance de la tension d'alimentation	9.17
– Valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité	9.18
– Résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \geq 0,010 \text{ A}$	9.19
– Fonctionnement correct avec des courants différentiels résiduels comportant une composante continue	9.20
– Fiabilité	9.21
– Vieillessement	9.22
– Résistance au cheminement	9.23
– Broches comportant une gaine isolante	9.24
– Résistance mécanique des broches non massives des fiches et des socles mobiles	9.25
– Effets des contraintes sur les conducteurs	9.26
– Couple exercé par les PCDM enfichables sur les socles fixes	9.27
– Retenue du dispositif d'arrêt de câble	9.28
– Essai de flexion des PCDM non démontables	9.29
– Compatibilité électromagnétique (CEM)	9.30
– Essais remplaçant la vérification des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite pour les PCDM comprenant des composants électroniques raccordés de façon permanente entre les deux pôles	9.31
– Exigences pour les composants électroniques utilisés dans les PCDM	9.32
– Vérification du comportement du PCDM dans les conditions de surtension temporaire (TOV, <i>Temporary Over Voltage</i>)	9.33

9.1.2 Pour les besoins de certification, essais de type à effectuer selon des séquences d'essais

NOTE Le terme "certification" désigne:

- la déclaration de conformité du fabricant;
- ou la certification par une tierce partie, un organisme de certification indépendant par exemple.

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre sont indiqués à l'Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque essai de type (ou chaque séquence d'essais de type) est effectué sur des PCDM neufs et propres, les grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence normales (voir le Tableau 4).

9.1.3 Essais individuels de série

Les essais individuels de série sont destinés à détecter les défauts de composition et de fabrication, mais également à démontrer la sécurité et le bon fonctionnement du PCDM. Ils doivent être effectués sur chaque dispositif du PCDM.

Les essais individuels de série à effectuer par le fabricant sont indiqués à l'Annexe B.

9.2 Conditions d'essai

Les essais sont effectués sur des échantillons neufs représentatifs de la production.

Sauf spécification contraire, le PCDM est raccordé comme en usage normal, en utilisant les fiches et/ou les socles du même système, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C et conformément aux instructions du fabricant.

Les PCDM sont soumis à l'essai en utilisant un socle fixe équipé de 1 m d'âmes rigides (massives ou câblées). Les dispositifs équipés de bornes côté alimentation sont soumis à l'essai en utilisant une âme souple de 1 m conforme au Tableau 11, équipée d'une fiche.

Si plusieurs socles sont présents, l'essai est effectué successivement sur chaque socle ou sur le socle le plus défavorable lorsque cela est évident.

Tableau 11 – Section des conducteurs d'essai

Courant assigné du PCDM A	Section nominale mm ²	
	Âmes souples pour la fiche et les bornes d'essai des PCDM	Âmes rigides (massive ou câblées) pour le socle d'essai fixe
Jusqu'à 10 inclus	1	1,5
Supérieur à 10 et jusqu'à 16 inclus	1,5	2,5
Supérieur à 16 et jusqu'à 20 inclus	2,5	4
Supérieur à 20 et jusqu'à 32 inclus	4	6
NOTE Pour les conducteurs AWG, voir l'Annexe ID de l'IEC 61008-1:2010.		

Lorsque les tolérances ne sont pas spécifiées, les essais de type sont effectués à des valeurs supérieures à celles spécifiées dans le présent document. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée ± 5 %.

Les couples de serrage à appliquer aux vis des bornes correspondent aux deux tiers de ceux spécifiés dans le Tableau 12. Pendant les essais, aucune opération de maintenance ou de démontage de l'échantillon n'est admise.

Une vitesse de manœuvre de 0,1 m/s ± 25 % doit être utilisée pendant la manœuvre pour les essais du 9.10.2 et du 9.11. La vitesse est mesurée à l'extrémité, au moment et à l'emplacement où l'organe de manœuvre de l'appareillage d'essai entre en contact avec la liaison de manœuvre du PCDM en essai. Pour les boutons rotatifs, la vitesse angulaire doit correspondre effectivement aux conditions ci-dessus; elle désigne la vitesse de l'organe de manœuvre (à ses extrémités) du PCDM en essai.

9.3 Essai d'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 à nouveau pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (avec une teneur maximale en carbures 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 densité relative de 0,68 g/cm³).

Les marquages par pression, moulage ou gravure ne sont pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Le marquage doit également rester facilement lisible après la totalité des essais du présent document.

Il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes, et celles-ci ne doivent pas se recourber.

9.4 Essai de fiabilité des vis, des parties parcourues par un courant et des connexions

La conformité aux exigences du 8.1.5 est vérifiée par examen et, pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors de la connexion du PCDM, par l'essai suivant.

Les vis ou écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis qui s'engagent dans un filetage en matériau isolant;
- 5 fois dans les autres cas.

Les vis ou écrous qui s'engagent dans un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué à l'aide d'une clé ou d'un tournevis d'essai adapté, en appliquant le couple spécifié dans le Tableau 12.

Les vis ou écrous ne doivent pas être serrés par à-coups.

L'essai est effectué avec des âmes rigides des plus grandes sections spécifiées dans le Tableau 7. Le conducteur est retiré chaque fois que la vis ou l'écrou se desserre.

Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples appliqués

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm	
Supérieur à	Inférieur ou égal à	I ¹	II ²
–	2,8	0,2	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0

¹ La colonne I s'applique aux vis sans tête si la vis ne dépasse pas du trou lorsqu'elle est serrée, ainsi qu'aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées à l'aide d'un tournevis dont la largeur de la lame est supérieure au diamètre de la vis.

² La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées à l'aide d'un tournevis.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas se desserrer et aucun dommage susceptible de compromettre l'usage ultérieur du PCDM ne doit être observé tel que la rupture des vis ou la détérioration des fentes des têtes de vis, des filetages, des rondelles ou des étriers.

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 *La conformité aux exigences du 8.1.6 est vérifiée par examen, par l'essai du 9.4 où un conducteur en cuivre de la plus grande section spécifiée dans le Tableau 7 est placé dans la borne, ainsi que par les essais du 9.5.2, du 9.5.3 et du 9.5.4.*

Ces derniers essais sont effectués à l'aide d'une clé ou d'un tournevis d'essai adapté.

9.5.2 Les bornes sont successivement équipées de conducteurs en cuivre de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 7.

Le conducteur est inséré dans la borne à 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 ou de plusieurs brins.

Les vis de serrage sont alors serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction conformément au Tableau 7.

Cette traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du logement du conducteur.

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas s'être déplacé sensiblement dans la borne.

9.5.3 Les bornes sont successivement équipées de conducteurs en cuivre de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 7, et les vis des bornes sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Les vis des bornes sont alors desserrées, et la partie du conducteur qui peut avoir été altérée par la borne est examinée.

Les conducteurs ne doivent pas présenter de dommages majeurs.

NOTE Les dommages sont considérés comme étant majeurs si plus de 10 % des brins du conducteur sont sectionnés.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas se desserrer et aucun dommage susceptible de compromettre l'usage ultérieur de la borne ne doit être observé tel que la rupture des vis ou la détérioration des fentes des têtes de vis, des filetages, des rondelles ou des étriers.

9.5.4 Les bornes, s'il y a lieu, sont successivement équipées de conducteurs en cuivre souples de la plus petite et de la plus grande section indiquées dans le Tableau 7, avec la composition indiquée dans le Tableau 13.

Tableau 13 – Composition des conducteurs

Section mm ²	Âme souple	
	Nombre nominal de brins	Diamètre nominal des brins mm
0,75	24	0,20
1	32	0,20
1,5	30	0,25
2,5	50	0,25
4	56	0,30
6	84	0,30

Avant son insertion dans la borne, les brins du conducteur sont remis en forme de manière appropriée.

Le conducteur est inséré 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 plusieurs brins. La vis ou l'écrou de serrage est alors serré à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé du dispositif de retenue.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

9.6.1 Essais avec les conducteurs de la plus petite et de la plus grande section

Pour les PCDM, le doigt d'épreuve normalisé représenté à la Figure 30 est appliqué dans toutes les positions possibles.

Pour la partie fiche, le doigt d'épreuve est appliqué dans toutes les positions possibles lorsque la fiche est partiellement ou complètement engagée dans un socle.

Un indicateur électrique de tension comprise entre 40 V et 50 V est utilisé pour mettre en évidence le contact avec la partie concernée.

Pour les PCDM qui utilisent des matériaux élastomères ou thermoplastiques susceptibles d'influencer cette exigence, l'essai est répété, mais à une température ambiante de $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$, les PCDM étant à cette température.

Pendant cet essai supplémentaire, les PCDM sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N appliquée à l'aide de l'extrémité d'un doigt d'épreuve rectiligne non articulé et de mêmes dimensions que celles du doigt d'épreuve normalisé. Ce doigt, relié à l'indicateur électrique décrit ci-dessus, est appliqué à tous les endroits où un fléchissement du matériau isolant peut compromettre la sécurité du PCDM.

Pendant cet essai, le PCDM ne doit pas se déformer au point d'entraîner une modification excessive des dimensions de sécurité indiquées dans les feuilles de normes pertinentes. En outre, aucune partie active ne doit devenir accessible au doigt d'épreuve normalisé (voir la Figure 30).

Selon le cas, chaque échantillon de la partie fiche ou socle mobile est ensuite comprimé entre deux surfaces planes avec une force de 150 N pendant 5 min, comme cela est représenté à la Figure 9.

Dans les 15 min qui suivent le retrait de l'appareillage d'essai, les échantillons ne doivent présenter aucune déformation au point d'entraîner une modification excessive des dimensions de sécurité indiquées dans les feuilles de normes pertinentes.

9.6.2 Essai avec la fiche complètement retirée

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.6.3 Essai avec la face d'engagement en position horizontale

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.6.4 Vérification de la résistance entre la borne de terre et la partie métallique accessible

Un courant égal à 1,5 fois le courant assigné ou à 25 A, si cette valeur est plus élevée, fourni par une source en courant alternatif avec une tension à vide inférieure à 12 V, est successivement injecté entre la borne de terre et chacune des parties métalliques accessibles.

La chute de tension entre la borne de terre et la partie métallique accessible est mesurée, puis la résistance est calculée à partir du courant et de cette chute de tension.

La résistance ne doit en aucun cas dépasser 0,05 Ω .

9.6.5 Vérification de l'isolation entre la borne de terre et la partie métallique accessible

Une tension de 500 V fournie par une source en courant continu avec un courant de court-circuit de 1 mA est successivement injectée entre la borne de terre et chacune des parties métalliques accessibles. Le courant entre la borne de terre et la partie métallique accessible est mesuré, puis la résistance est calculée à partir du courant et de la tension. Dans chaque cas, la résistance d'isolement doit être d'au moins 5 M Ω .

9.6.6 Essai au brin décablé pour les PCDM démontables

Une longueur d'isolant de 6 mm est retirée de l'extrémité d'une âme souple de la section nominale spécifiée dans le Tableau 5. Un brin de l'âme câblée est laissé libre, et les brins restants sont insérés complètement dans la borne et serrés comme en usage normal.

Le brin libre est plié, sans déchirer ni retirer l'isolant, dans toutes les directions possibles, mais sans réaliser de pliages à angles aigus autour des cloisons.

Le brin libre d'un conducteur raccordé à une borne active ne doit toucher aucune partie métallique accessible ni pouvoir sortir de l'enveloppe lorsque l'appareil a été assemblé.

Le brin libre d'un conducteur raccordé à une borne de terre ne doit pas toucher une partie active.

Si nécessaire, l'essai est répété en positionnant le brin libre dans une autre position.

L'interdiction de plier le brin libre à angles aigus autour des cloisons n'implique pas que le brin doit être maintenu rectiligne pendant l'essai. Toutefois, des pliages à angles aigus sont effectués s'il est jugé probable que de tels pliages puissent se produire au cours de l'assemblage normal de la fiche ou du socle mobile, par exemple lorsqu'un capot est posé dessus.

Après cet essai, le socle doit toujours satisfaire aux exigences de l'Article 10 de l'IEC 60884-1:2022.

9.6.7 Vérification du brin décâblé pour les PCDM non démontables

Pour les parties surmoulées des PCDM non démontables, la conformité au 8.1.2.6.4 est vérifiée par examen.

9.6.8 Vérification de la résistance électrique élevée de l'organe de manœuvre conducteur

La borne d'entrée du conducteur de protection du PCDM doit être connectée au conducteur d'alimentation actif.

Une résistance (R_1) de $10\ \Omega \pm 1\ %$, raccordée à un voltmètre en valeur efficace, est connectée entre l'organe de manœuvre conducteur du PCDM et le conducteur de protection d'alimentation. Le contact avec l'organe de manœuvre conducteur du PCDM doit être établi au moyen d'une sonde adaptée, la plus grande possible et isolée de l'impédance du corps de l'opérateur.

La tension appliquée est égale à $1,1\ U_e$.

Le PCDM doit être mis en fonctionnement pendant 5 min au moins, et la chute de tension aux bornes de la résistance R_1 doit être mesurée en continu.

Le courant est calculé en utilisant la valeur de résistance connue et en mesurant la tension efficace. La valeur efficace du courant obtenue ne doit pas dépasser 0,5 mA en valeur efficace.

L'organe de manœuvre conducteur doit être connecté au PE avec une impédance de protection.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du PCDM pour l'essai

Les parties du PCDM qui peuvent être retirées sans l'aide d'un outil sont retirées et soumises au traitement à l'humidité avec la partie principale. Les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les orifices d'entrée éventuels sont laissés ouverts; si des parois défonçables sont prévues, l'une d'elles est ouverte.

Les couvercles des socles restent fermés pendant l'essai.

9.7.1.2 Conditions d'essai

Le traitement à l'humidité est effectué dans une enceinte humide, où l'humidité relative de l'air est maintenue entre 91 % et 95 %.

La température de l'air où se trouve l'échantillon est maintenue, à $\pm 1\ ^\circ\text{C}$ près, à une valeur T adéquate comprise entre $20\ ^\circ\text{C}$ et $30\ ^\circ\text{C}$.

Avant de placer l'échantillon dans l'enceinte humide, celui-ci est porté à une température comprise entre $T\ ^\circ\text{C}$ et $T\ ^\circ\text{C} + 4\ ^\circ\text{C}$.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

Pour atteindre une humidité relative entre 91 % et 95 %, une solution saturée d'eau et de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande peut être placée dans l'enceinte humide.

Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer une circulation permanente de l'air et d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.1.4 État du PCDM après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit présenter aucun dommage au sens du présent document et doit satisfaire aux essais du 9.7.2, du 9.7.3 et du 9.7.5.2 (le cas échéant).

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal

Le PCDM soumis au traitement spécifié en 9.7.1 est ensuite retiré de l'enceinte.

Après un intervalle compris entre 30 min et 60 min à l'issue du traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après l'application d'une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre suivant:

- a) le PCDM étant en position ouverte, entre chaque paire de bornes ou de broches qui sont électriquement raccordées entre elles lorsque le PCDM est en position fermée, successivement sur chaque pôle;
- b) le PCDM étant en position fermée, successivement entre chaque pôle et les autres bornes ou broches reliées ensemble, les composants électroniques connectés entre les voies de courant étant déconnectés pour l'essai, y compris le circuit du conducteur de protection et les autres circuits;
lorsque le PCDM ne peut pas être maintenu en position fermée, chaque pôle est ponté par une connexion externe;
- c) le PCDM étant en position ouverte, entre toutes les bornes ou broches reliées ensemble et le châssis comprenant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface externe de l'enveloppe en matériau isolant, mais avec les sections des bornes ou broches laissées entièrement libres afin d'éviter un contournement entre les bornes et la feuille métallique;
- d) pour les PCDM possédant une enveloppe métallique avec un revêtement interne en matériau isolant, entre le châssis et une feuille métallique en contact avec la surface interne du revêtement en matériau isolant, y compris des manchons et dispositifs analogues.

Le terme "châssis" comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille métallique en contact avec les surfaces en matériau isolant accessibles comme en usage normal;
- les vis de fixation des capots.

Pour cet essai, le conducteur de protection est relié au châssis.

Pour les mesurages selon b), c) et d), la feuille métallique est appliquée de telle sorte que le matériau d'étanchéité, le cas échéant, est correctement soumis à l'essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 MΩ pour les mesurages selon a) et b);
- 5 MΩ pour les autres mesurages.

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Lorsque le PCDM a satisfait aux essais du 9.7.2, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.2, en déconnectant les composants électroniques éventuels pour l'essai.

La tension d'essai doit avoir une forme d'onde pratiquement sinusoïdale, et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source de la tension d'essai doit être capable de fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun dispositif de déclenchement à maximum de courant du transformateur ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

La tension d'essai doit avoir les valeurs suivantes:

- 2 000 V pour a) à c) en 9.7.2;
- 2 500 V pour d) en 9.7.2.

Au départ, une tension inférieure à la moitié de la valeur indiquée est appliquée avant d'être portée à la valeur entière dans un délai de 5 s.

Aucun contournement ni claquage ne doit se produire au cours de l'essai.

Les décharges lumineuses qui ne coïncident pas avec une chute de tension ne sont pas prises en compte.

9.7.4 Circuit secondaire des transformateurs de détection

Le circuit comprenant le circuit secondaire du transformateur de détection n'est soumis à aucun essai d'isolement, sous réserve que le circuit ne dispose d'aucune connexion avec les parties métalliques accessibles, avec un conducteur de protection ou avec des parties actives.

9.7.5 Vérification des tensions de tenue aux chocs

9.7.5.1 Procédure d'essai générale pour les essais de tension de tenue aux chocs

Les impulsions sont fournies par un générateur d'impulsions positives et négatives, avec une durée du front de 1,2 μ s et une durée jusqu'à la mi-valeur de 50 μ s, les tolérances étant de:

- ± 5 % pour la valeur de crête;
- ± 30 % pour la durée du front;
- ± 20 % pour la durée jusqu'à la mi-valeur.

Pour chaque essai, cinq impulsions positives et cinq impulsions négatives sont appliquées. L'intervalle entre deux impulsions consécutives doit être d'au moins 1 s pour les impulsions de même polarité et d'au moins 10 s pour les impulsions de polarité inverse.

Lors de l'essai de tension de choc sur un PCDM complet, l'affaiblissement ou l'amplification de la tension d'essai doit être pris en compte. Il est nécessaire de s'assurer que la valeur exigée de la tension d'essai est appliquée aux bornes du matériel en essai.

L'impédance d'onde interne de l'appareillage d'essai doit avoir une valeur nominale inférieure ou égale à 500 Ω .

Lors des essais sur un PCDM qui incorpore des composants dans les parties en essai (parafoudre, par exemple), un générateur d'impulsions d'impédance virtuelle de $2\ \Omega$ doit être utilisé.

La forme des impulsions est réglée en connectant le PCDM en essai au générateur d'impulsions. À cet effet, des diviseurs de tension et des capteurs de tension appropriés doivent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les composants de protection contre les surtensions avant les essais.

Pour les PCDM qui incorporent un parafoudre, la forme des impulsions est réglée sans connecter le PCDM au générateur d'impulsions.

De petites oscillations dans les impulsions sont admises, sous réserve que leur amplitude au voisinage de la crête de l'impulsion ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête.

Pour les oscillations sur la première moitié du front, des amplitudes inférieures à 10 % de la valeur de crête sont admises.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire (amorçage, contournement ou perforation) pendant les essais.

9.7.5.2 Vérification des distances d'isolement dans l'air à la tension de tenue aux chocs

Si les mesures des distances d'isolement dans l'air des points 2 et 4 du Tableau 6 ne révèlent aucune réduction de celles-ci, cet essai n'est pas effectué.

Cet essai peut être effectué pour remplacer le mesurage des distances d'isolement dans l'air des éléments 2 et 4 du Tableau 6.

L'essai est effectué sur un PCDM fixé sur un support métallique, en position fermée.

Les valeurs de tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 14. Ces valeurs sont corrigées pour la pression atmosphérique et/ou l'altitude auxquelles sont effectués les essais, conformément au Tableau 14.

Les essais sont effectués en appliquant la tension de choc entre:

- a) le PCDM étant en position fermée, successivement entre chaque pôle et les autres bornes ou broches reliées ensemble, les composants électroniques connectés entre les voies de courant étant déconnectés pour l'essai, y compris le circuit du conducteur de protection et les autres circuits;
lorsque le PCDM ne peut pas être maintenu en position fermée, chaque pôle est ponté par une connexion externe;
- b) le PCDM étant en position ouverte, entre toutes les bornes ou broches reliées ensemble et le châssis comprenant une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface externe de l'enveloppe en matériau isolant, mais avec les sections des bornes ou broches laissées entièrement libres afin d'éviter un contournement entre les bornes et la feuille métallique;
- c) pour les PCDM possédant une enveloppe métallique avec un revêtement interne en matériau isolant, entre le châssis et une feuille métallique en contact avec la surface interne du revêtement en matériau isolant, y compris des manchons et dispositifs analogues.

NOTE Le terme "châssis" est défini en 9.7.2.

Le cas échéant, la feuille métallique est appliquée de telle sorte que le matériau d'étanchéité, le cas échéant, est correctement soumis à l'essai.

Si les mesurages des distances d'isolement dans l'air de l'élément 5 du Tableau 6 ne montrent aucune réduction des distances d'isolement dans l'air, cet essai n'est pas effectué.

L'essai visant à vérifier l'élément 5 du Tableau 6 est effectué en appliquant la tension de choc entre les parties actives dangereuses et

- les surfaces accessibles des organes de manœuvre;
- les vis et autres moyens de fixation des capots qui peuvent être démontés lors du raccordement du connecteur;
- les parties métalliques accessibles.

La tension d'essai doit être multipliée par 1,6.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire. Toutefois, si une seule décharge disruptive apparaît, 10 impulsions supplémentaires d'une polarité identique à celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, en utilisant les mêmes connexions que celles avec lesquelles la défaillance est apparue.

Aucune autre décharge disruptive ne doit se produire.

Tableau 14 – Tension d'essai pour la vérification de la tension de tenue aux chocs

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai à l'altitude correspondante Valeur de crête de $U_{1,2/50}$ en courant alternatif kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5

9.7.5.3 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une tension de choc en conditions normales

9.7.5.3.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés du traitement à l'humidité décrit en 9.7.1.

Les essais du 9.7.5.3, comme cela est indiqué dans les exigences en 8.1.4, doivent être effectués avant les essais du 9.7.1 sur 3 échantillons de la séquence d'essais B.

Les valeurs de tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 14, en fonction de la tension assignée de l'installation à laquelle est destiné à être utilisé le PCDM, comme cela est indiqué dans le Tableau 6.

Ces valeurs sont corrigées pour la pression atmosphérique et/ou l'altitude auxquelles sont effectués les essais, conformément au Tableau 14.

9.7.5.3.2 PCDM en position ouverte

La série d'essais est effectuée sur un PCDM fixé sur un support métallique comme en usage normal, le contact étant en position ouverte.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes de ligne ou les broches reliées ensemble;
- et les bornes de sortie ou les broches reliées ensemble, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire pendant l'essai.

Une seconde série d'essais est réalisée, en appliquant les impulsions entre:

- le ou les pôles de phase et le pôle neutre reliés ensemble;
- et le support métallique connecté à la borne ou aux bornes destinées aux conducteurs de protection, le cas échéant.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire pendant l'essai.

Toutefois, si une seule décharge disruptive apparaît, 10 impulsions supplémentaires d'une polarité identique à celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, en utilisant les mêmes connexions que celles avec lesquelles la défaillance est apparue.

Aucune autre décharge disruptive ne doit se produire.

Un échantillon neuf est ensuite soumis à l'essai conformément au 9.7.5.3.3.

9.7.5.3.3 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Une vérification doit être effectuée afin de s'assurer que les composants, qui relient l'isolation principale et qui ont été déconnectés lors de l'essai de tension de choc afin d'évaluer l'isolation principale, n'altèrent pas le comportement ou la sécurité de l'isolation principale du matériel en usage normal.

Un nouvel échantillon du PCDM est soumis à l'essai pour vérifier que les composants reliant l'isolation principale n'altèrent pas la sécurité en ce qui concerne les surtensions temporaires à court terme.

La tension d'essai a une fréquence de 50/60 Hz. Conformément à l'IEC 60364-4-44:2007, Tableau 44.A2 et à l'IEC 60664-1, la valeur efficace de la tension d'essai pour l'isolation principale est de $1\,200\text{ V} + U_i$. U_i est la valeur de la tension d'isolement assignée entre la phase et le neutre.

NOTE À titre d'exemple, pour un PCDM dont la tension d'isolement assignée U_i est égale à 250 V, la tension d'essai en courant alternatif pour l'isolation principale est de $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, soit une tension d'essai efficace de 1 450 V.

La tension est appliquée pendant 5 s entre:

- le ou les pôles de phase et le pôle neutre reliés ensemble;
- et le support métallique connecté à la borne ou aux bornes destinées aux conducteurs de protection, le cas échéant.

Le matériel est ensuite soumis à un examen visuel; aucun composant reliant l'isolation principale ne doit présenter d'altérations visibles.

Le remplacement d'un fusible avant de connecter le matériel au réseau est admis. Si un fusible protégeant un parafoudre a fondu, le remplacement du parafoudre est également admis.

Le matériel est ensuite connecté au réseau conformément aux instructions du fabricant. Dans les conditions du 9.9.2.4, le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

9.8 Essai d'échauffement

9.8.1 Conditions d'essai

Les conditions d'essai générales du 9.2 s'appliquent.

Les PCDM démontables sont soumis à l'essai comme cela est spécifié par le fabricant, et les PCDM non démontables sont soumis à l'essai dans leur état de livraison.

Les fiches nécessaires pour l'essai doivent avoir des broches en laiton.

Les socles fixes nécessaires pour l'essai doivent être conformes à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, à l'IEC 60884-1.

Les fiches qui comportent des contacts de terre latéraux et des contacts de terre élastiques sont soumises à l'essai en utilisant un socle fixe conforme au présent document et qui présente des caractéristiques les plus proches possible des caractéristiques pouvant être sélectionnées, mais avec les dimensions minimales de la broche de terre, le cas échéant.

9.8.2 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples disposés symétriquement autour du PCDM à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du PCDM.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

9.8.3 Procédure d'essai

Un courant égal à I_n est appliqué simultanément aux bornes des deux pôles du PCDM pendant une durée suffisante pour atteindre les conditions de régime établi. En pratique, cette condition est atteinte lorsque l'échauffement ne varie pas plus de 1 K/h.

Le PCDM est alimenté à $1,05 U_n$.

Pendant ces essais, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 9.

Un courant égal aux courants d'essai pour les essais d'échauffement (conformément à l'Article 19 de l'IEC 60884-1:2022 et au Tableau 18 de l'IEC 60884-1:2022) est appliqué simultanément aux bornes des deux pôles du PCDM pendant 1 h.

Pendant ces essais, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 9.

9.8.4 Mesurage de l'échauffement des différentes parties

La température des différentes parties répertoriées dans le Tableau 9 doit être mesurée au moyen de thermocouples à fils fins ou par des moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud accessible.

Une bonne conductivité thermique doit être assurée entre le thermocouple et la surface de la partie en essai.

9.8.5 Échauffement d'une partie

L'échauffement d'une partie est la différence entre la température de cette partie mesurée conformément au 9.8.4 et la température de l'air ambiant mesurée conformément au 9.8.2.

9.9 Vérification des caractéristiques de fonctionnement

9.9.1 Circuit d'essai

Le PCDM est connecté comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable et doit être conforme à la Figure 24.

Les appareils de mesure du courant différentiel résiduel doivent afficher (ou permettre de déterminer) la valeur efficace vraie.

NOTE Les informations relatives aux appareils de mesure sont disponibles dans l'OD-5014 sur le site web de l'IECEE à l'adresse: <http://www.iecee.org/documents/refdocs/>.

9.9.2 Essais à vide avec des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux à la température de référence de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$

9.9.2.1 Généralités

Le PCDM doit satisfaire aux essais du 9.9.2.2, du 9.9.2.3 et du 9.9.2.4 (chacun comportant cinq mesurages) qui sont effectués sur un seul pôle choisi au hasard, tous les échantillons n'étant pas soumis à l'essai sur le même pôle. Chaque essai est effectué aux valeurs suivantes de la tension d'alimentation appliquée aux bornes correspondantes: 1,1 fois et 0,85 fois la tension d'emploi assignée.

9.9.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation constante du courant différentiel

La manœuvre de fermeture du PCDM doit être effectuée avec l'interrupteur d'essai S_1 en position fermée, S_2 en position ouverte et S_3 en position 1.

L'interrupteur d'essai S_2 est fermé, et le courant différentiel résiduel est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à $0,2 I_{\Delta n}$, en tentant d'atteindre la valeur de $I_{\Delta n}$ en 30 s. Le courant de déclenchement est mesuré à chaque fois.

Les cinq valeurs mesurées doivent être comprises entre $I_{\Delta no}$ et $I_{\Delta n}$.

L'essai est répété avec l'interrupteur d'essai S_3 en position 2.

Les cinq valeurs mesurées doivent être comprises entre $I_{\Delta no}$ et $I_{\Delta n}$.

9.9.2.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de fermeture sur courant différentiel

- a) Le circuit d'essai est étalonné pour chacune des valeurs du courant différentiel résiduel spécifiées dans le Tableau 2. L'interrupteur S_2 étant en position fermée, l'interrupteur S_1 en position fermée et l'interrupteur S_3 en position 1, le PCDM est fermé sur le circuit de façon à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions de service.

Le PCDM peut se fermer, mais doit se déclencher dans le délai correspondant spécifié et ne doit pas se refermer. Cinq mesurages de la durée de coupure sont effectués. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite correspondante spécifiée.

- b) Pour les PCDM classifiés selon le 4.3.2, outre le 9.9.2.3 a), les interrupteurs S_1 étant fermés, l'interrupteur S_2 étant ouvert et l'interrupteur S_3 étant en position 1, le PCDM est fermé. L'interrupteur S_1 est ensuite ouvert; le PCDM doit s'ouvrir. L'interrupteur S_2 est alors fermé, puis l'interrupteur S_1 est fermé. Le PCDM peut se refermer, mais doit se déclencher dans le délai correspondant spécifié. L'essai est effectué cinq fois à $I_{\Delta n}$ et cinq fois à $5 I_{\Delta n}$, en mesurant la durée de coupure. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite correspondante spécifiée dans le Tableau 2.

9.9.2.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel

Le circuit d'essai étant successivement étalonné aux valeurs du courant différentiel résiduel spécifiées dans le Tableau 2, l'interrupteur S_1 en position fermée, l'interrupteur S_2 en position ouverte, l'interrupteur S_3 en position 1 et le PCDM en position fermée, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur S_2 .

Le PCDM doit se déclencher pendant chaque essai.

Cinq essais sont réalisés à chaque valeur du courant différentiel résiduel avec mesurage de la durée de coupure, excepté que l'essai est effectué une seule fois à 250 A.

Aucune valeur ne doit dépasser la valeur limite correspondante spécifiée.

9.9.3 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.9.2.3 et du 9.9.2.4 sont répétés, le PCDM étant chargé à son courant assigné comme en service normal pendant une durée suffisante pour atteindre les conditions de régime établi.

En pratique, ces conditions sont atteintes lorsque l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K/h.

9.9.4 Essais aux températures limites

9.9.4.1 Pour les PCDM classifiés selon le 4.5.1

Le PCDM doit satisfaire aux essais spécifiés en 9.9.2.4 effectués successivement dans les conditions suivantes:

- a) température ambiante: -5 °C à vide;
- b) température ambiante: $+40\text{ °C}$, le PCDM étant préalablement chargé au courant assigné, à une tension appropriée, jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

En pratique, ces conditions sont atteintes lorsque l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K/h.

NOTE Le préchauffage peut être effectué à tension réduite.

9.9.4.2 Pour les PCDM classifiés selon le 4.5.2

Les PCDM connectés comme en usage normal sont placés dans une enceinte d'essai adaptée à une température de l'air ambiant de $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et une humidité relative de $93\% \pm 3\%$. Le rapport de volume entre l'enceinte d'essai et les échantillons d'essai doit être supérieur à 50.

Les PCDM sont en position ON sans charge.

La température de l'air ambiant est réduite à $-25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ en 6 h, sans apport d'humidité, et est maintenue à cette valeur pendant 6 h. Au cours des 6 h suivantes, la température est portée à $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et l'humidité relative est portée à $93\% \pm 3\%$.

Ces valeurs sont de nouveau maintenues pendant 6 h (fin du premier cycle).

Ce cycle (voir la Figure 23) est exécuté cinq fois. Pendant ces cycles, les PCDM ne doivent pas se déclencher. Immédiatement après la dernière période de 6 h à $-25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, un courant différentiel résiduel est appliqué aux bornes de l'un des pôles de chaque PCDM.

Le PCDM doit se déclencher dans un délai de 0,3 s

- pour les PCDM de type AC à un courant résiduel alternatif de $1,25 I_{\Delta n}$;
- pour les PCDM de type A à un courant différentiel continu pulsé de $1,25 \times 1,4 I_{\Delta n}$ (pour les PCDM avec un courant différentiel assigné supérieur à 10 mA) ou de $1,25 \times 2 I_{\Delta n}$ pour les PCDM avec un courant différentiel assigné qui ne dépasse pas 10 mA. L'essai est effectué avec $\alpha = 0^\circ$ seulement.

9.9.5 Essais supplémentaires pour les PCDM classifiés selon le 4.8.2

9.9.5.1 Généralités

Chaque essai est effectué aux valeurs suivantes de la tension d'alimentation appliquée aux bornes correspondantes: 1,1 fois et 0,85 fois la tension d'emploi assignée.

Le PCDM doit être connecté conformément au Tableau 15.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable et doit être conforme à la Figure 24 a) ou à la Figure 24 b), selon le cas.

Tableau 15 – Défaillance de l'alimentation et connexions d'un conducteur de protection (PE) actif et donc dangereux pour l'essai en référence aux raccordements corrects à l'alimentation pour les types LNSE et LLSE

Type LNSE			Type LLSE			Article d'essai et commentaires
Raccordements du PCDM à l'alimentation						
L ₁	L ₂	PE	L	N	PE	Vérification du fonctionnement correct pour les types LNSE et LLSE enfichés dans un système d'alimentation non compatible. Voir le 9.9.5.4, Figure 25 a) pour les types LNSE et Figure 25 b) pour les types LLSE.
N	L	L	L ₁	L ₂	L ₁	Conducteur de protection actif et donc dangereux 9.9.5.2 Figure 26 a) pour les types LNSE, Figure 26 b) pour les types LLSE Cet essai est présumé couvrir les situations, où un conducteur de protection actif et donc dangereux existe en raison d'un mauvais câblage de l'alimentation Voir l'Annexe E, Figure E.2, Exemple 9 pour les types LNSE Voir l'Annexe E, Figure E.1, Exemple 2 pour les types LLSE
L	N	L	L ₁	L ₂	L ₂	Conducteur de protection actif et donc dangereux 9.9.5.2 Figure 26 a) pour les types LNSE, Figure 26 b) pour les types LLSE Cet essai est présumé couvrir les situations, où un conducteur de protection actif et donc dangereux existe en raison d'un mauvais câblage de l'alimentation Voir l'Annexe E, Figure E.2, Exemple 2 pour les types LNSE Voir l'Annexe E, Figure E.1, Exemple 10 pour les types LLSE
L	O	PE				Neutre ouvert: voir le 9.9.5.3 Voir la Figure 27 a) Voir l'Annexe E, Figure E.2, Exemple 3
			O L ₁	L ₂ O	PE PE	Neutre ouvert: voir le 9.9.5.3 Voir la Figure 27 b) Voir l'Annexe E, Figure E.1, Exemple 3
L	N	O	L ₁	L ₂	O	Conducteur de protection ouvert, voir le 9.9.5.5, Figure 29 a) pour les types LNSE, Figure 29 b) pour les types LLSE, Voir l'Annexe E, Figure E.2, Exemple 4 pour les types LNSE Voir l'Annexe E, Figure E.1, Exemple 4 pour les types LLSE

9.9.5.2 Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection actif et donc dangereux

Le conducteur de protection actif et donc dangereux est vérifié à l'aide de l'impédance du corps de l'opérateur entre la terre et l'organe de manœuvre conducteur du PCDM. L'impédance du corps humain doit être simulée en activant successivement les cinq impédances d'essai suivantes.

- Z1 = 2 kΩ
- Z2 = 150 pF
- Z3 = 10 MΩ parallèle à 150 pF
- Z4 = 50 MΩ parallèle à 150 pF
- Z5 = 50 MΩ parallèle à 100 pF

La connexion de chaque impédance d'essai au point de mesure du PCDM doit être établie au moyen d'une sonde adaptée, la plus grande possible et isolée de l'impédance du corps de l'opérateur. Le profil de la sonde doit être adapté à la surface de l'organe de manœuvre.

Dans chaque cas, si le conducteur de protection est actif et donc dangereux, les contacts du PRCD ne doivent pas se fermer.

Les PCDM doivent être connectés successivement, comme cela est représenté à la Figure 26 a) à la Figure 26 d), selon le cas.

S_1 étant en position fermée, le PCDM qui commande la fermeture doit être mis en fonctionnement dans chaque position.

9.9.5.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de neutre ouvert (LNSE/LNE) et de phase ouverte (LLSE/LLE)

Il convient que les PCDM accomplissent les performances exigées dans les conditions suivantes:

- pour les types LNSE/LNE
 - ne pas fermer les contacts, même momentanément, si le neutre est ouvert;
 - ouvrir les contacts dans un délai de 1 s si le neutre est fermé, puis ouvert.
- pour les types LLSE/LLE
 - ne pas fermer les contacts, même momentanément, si une phase est ouverte;
 - ouvrir les contacts dans un délai de 1 s si une phase est fermée, puis ouverte.

Selon la source d'alimentation utilisée, le fonctionnement correct du PCDM en cas de neutre ouvert ou de phase ouverte doit être vérifié par les essais suivants.

a) LNSE/LNE

Le PCDM doit être connecté conformément à la Figure 27 a). S_1 étant fermé et S_2 ouvert, le fonctionnement du PCDM ne doit pas fermer les contacts.

b) LLSE/LLE

Le PCDM doit être connecté conformément à la Figure 27 b). S_1 étant fermé, S_2 ouvert et S_3 fermé, le fonctionnement du PCDM ne doit pas fermer les contacts.

Répéter l'opération avec S_2 en position fermée et S_3 en position ouverte. Le fonctionnement du PCDM ne doit pas fermer les contacts.

c) LNSE/LNE

Le PCDM doit être connecté conformément à la Figure 27 a). S_1 étant fermé et S_2 fermé, le PCDM doit être en position fermée; puis ouvrir S_2 (neutre).

Les contacts doivent s'ouvrir lorsque le neutre de l'alimentation est ouvert.

d) LLSE/LLE

Le PCDM doit être connecté conformément à la Figure 27 b). S_1 étant fermé, S_2 fermé et S_3 fermé, le PCDM doit être en position fermée; puis ouvrir S_2 (L_1).

Les contacts doivent s'ouvrir.

Répéter l'opération avec S_2 en position fermée et S_3 en position ouverte.

Les contacts doivent s'ouvrir.

9.9.5.4 Comportement en cas de connexion du PCDM à un système d'alimentation incompatible

Lorsque le PCDM n'est pas destiné à fonctionner sur plusieurs systèmes d'alimentation (LNSE ou LLSE), celui-ci doit être protégé contre toute utilisation sur un système d'alimentation incompatible.

Les PCDM doivent être connectés, comme cela est représenté à la Figure 25 a) et à la Figure 25 b), selon le cas. L'interrupteur S1 est fermé.

Lorsqu'une manœuvre de fermeture est engagée, les contacts actifs doivent soit:

- rester en position ouverte; soit
- se fermer et se rouvrir en moins de 4 s.

9.9.5.5 Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection ouvert

9.9.5.5.1 Vérification du fonctionnement correct en cas d'absence du conducteur de protection

Les PCDM doivent être connectés, comme cela est représenté à la Figure 29, en reliant une impédance de 1 600 Ω entre le conducteur de protection d'alimentation et la borne du conducteur de protection du PCDM. S1 est fermé, et S2 est ouvert.

Le fonctionnement du PCDM ne doit pas fermer les contacts.

9.9.5.5.2 Vérification du fonctionnement correct en cas de perte du conducteur de protection

Les PCDM doivent être connectés, comme cela est représenté à la Figure 29, en reliant une impédance de 1 600 Ω entre le conducteur de protection d'alimentation et la borne du conducteur de protection du PCDM. S1 est fermé, et S2 est fermé.

Les PCDM doivent être en position fermée; puis ouvrir S₂ après 5 s.

Les PCDM doivent ouvrir les contacts dans un délai de 4 s.

9.9.6 Vérification du comportement des contacts du conducteur de protection

9.9.6.1 Vérification du couplage des contacts du conducteur de protection lors de sa fermeture

Les essais doivent vérifier que le conducteur de protection ne se ferme pas après la fermeture des contacts L ou N. Les essais sont réalisés à 0,85 fois et 1,1 fois la tension d'emploi assignée.

9.9.6.2 Vérification du couplage des contacts du conducteur de protection lors de son ouverture

Les essais doivent vérifier que le conducteur de protection ne s'ouvre pas avant l'ouverture des contacts L ou N. Les essais sont réalisés à 0,85 fois et 1,1 fois la tension d'emploi assignée; il convient de vérifier la fonction de contact du conducteur de protection lorsque la tension d'alimentation est réduite lentement à 50 V en courant alternatif.

9.9.6.3 Vérification du contact PE après la fermeture

Cet essai s'applique aux PCDM classifiés selon le 4.6.1.

Un échantillon de PCDM doit être préparé afin que le contact PE s'ouvre, mais ne puisse pas se fermer.

Le PCDM est alimenté côté réseau à sa tension d'emploi assignée, et la manœuvre de fermeture du PCDM doit ensuite être effectuée.

Les contacts actifs doivent soit:

- rester en position ouverte; soit
- se fermer et se rouvrir en moins de 4 s.

9.9.7 Vérification du comportement en cas de courant de défaut externe dans le conducteur de protection

L'essai doit vérifier que les PCDM ne mettent pas hors tension le conducteur de protection lorsqu'un courant de défaut est fourni par un circuit électrique externe.

Le PCDM est raccordé et câblé comme en usage normal.

Il est soumis à l'essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est représenté à la Figure 6 a) et à la Figure 6 b).

La manœuvre de fermeture du PCDM doit être effectuée avec l'interrupteur S_1 en position fermée et S_2 en position ouverte.

Le PCDM est alimenté côté réseau à la tension d'emploi assignée, et le contact du PCDM est fermé.

Le second circuit L' est alimenté à la tension d'emploi assignée.

S_2 est mis sous tension afin d'injecter un courant différentiel résiduel égal à $I_{\Delta n}$.

Le contact du conducteur de protection du PCDM doit rester fermé afin de s'assurer que le courant différentiel résiduel continue de circuler.

9.9.8 Vérification du courant permanent dans le conducteur de protection

Le PCDM doit être connecté conformément à la Figure 28.

Une résistance (R_1) de $1 \Omega \pm 1 \%$, raccordée à un voltmètre en valeur efficace, est connectée entre le conducteur de protection d'alimentation et la borne d'entrée du conducteur de protection du PCDM.

La tension appliquée est égale à $1,1 U_e$.

Le PCDM doit être mis en fonctionnement, et la chute de tension aux bornes de la résistance R_1 est mesurée.

Le PCDM étant en position ouverte et fermée, la chute de tension aux bornes de la résistance doit être mesurée. Le courant dans le conducteur de protection est calculé en utilisant la valeur de résistance connue et en mesurant la tension efficace. La valeur efficace du courant obtenue pour le conducteur de protection ne doit pas dépasser 1 mA en valeur efficace.

Si le conducteur de protection est connecté à des parties actives, des échantillons d'essai doivent être préparés comme suit.

Avant chaque mesurage, chacune des impédances de protection indépendantes entre le conducteur de protection et les conducteurs de phase ou de neutre doit être mise en court-circuit successivement.

Dans chaque condition de court-circuit des impédances indépendantes, la chute de tension aux bornes de la résistance doit être mesurée. Le courant dans le conducteur de protection est calculé en utilisant la valeur de résistance connue et en mesurant la tension efficace. La valeur efficace du courant obtenue pour le conducteur de protection ne doit pas dépasser 2 mA en valeur efficace.

Après les essais, le PCDM peut ne pas satisfaire à l'ensemble des exigences de conformité, mais il doit respecter les exigences de protection contre les chocs électriques conformément au 9.6.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Fonctionnement normal des socles et des fiches du PCDM

Les socles et les fiches doivent être soumis à l'essai conformément à la norme internationale IEC pertinente ou à la norme nationale pertinente.

9.10.2 Essai de la partie DDR du PCDM

9.10.2.1 Généralités

Le PCDM est préparé conformément au 9.2.

Les essais d'endurance sont effectués à une cadence de quatre cycles de manœuvres par minute, la période en position ON ayant une durée de 1,5 s à 2 s.

9.10.2.2 Procédure d'essai pour l'essai en charge

L'essai est effectué à la tension d'emploi assignée, en réglant le courant 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 sans fer sont utilisées, une résistance qui absorbe environ 0,6 % du courant qui traverse les bobines est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si des bobines d'inductance en fer sont utilisées, les pertes de puissance de ces bobines ne doivent pas avoir une influence significative 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.

Les PCDM sont soumis à 2 000 cycles de manœuvres, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le PCDM doit être manœuvré comme en usage normal.

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées comme suit.

- a) Les 500 premières manœuvres sont effectuées en actionnant l'organe de manœuvre manuel, s'il existe.
- b) Les 750 manœuvres suivantes sont effectuées en appliquant un courant différentiel de fonctionnement égal à $I_{\Delta n}$ aux bornes d'un pôle.
- c) 250 manœuvres sont effectuées en coupant l'alimentation.
- d) Les manœuvres restantes jusqu'à un total de 2 000 sont effectuées en utilisant le dispositif d'essai.

9.10.2.3 Procédure pour l'essai à vide

Après l'essai du 9.10.2.2, le PCDM est soumis sans charge à 2 000 cycles de manœuvres en actionnant l'organe de manœuvre manuel.

Les PCDM sont alimentés côté alimentation à leur tension d'emploi assignée.

NOTE Pour les PCDM sans organes de manœuvre manuels, leur dispositif d'essai est utilisé pour les manœuvres d'ouverture et leur dispositif de réarmement est utilisé pour les manœuvres de fermeture.

1 000 cycles de manœuvres supplémentaires sont effectués en ouvrant le PCDM par coupure de l'alimentation et en refermant le PCDM par rétablissement de l'alimentation et, si nécessaire, en actionnant l'organe de manœuvre.

9.10.2.4 État du PCDM après les essais

Après les essais du 9.10.2.2 et du 9.10.2.3, l'examen du PCDM ne doit pas révéler:

- d'usure anormale;
- de dommages à l'enveloppe permettant l'accès aux parties actives par le calibre normalisé de la Figure 3;
- de desserrage des connexions électriques ou mécaniques;
- d'écoulement du matériau d'étanchéité, le cas échéant.

Dans les conditions d'essai du 9.9.2.3, le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué, sans mesurer la durée de coupure.

Le PCDM doit alors satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique spécifié en 9.7.3, mais sans traitement préalable à l'humidité et à une tension égale à 900 V, pendant 1 min.

9.11 Vérification du comportement du PCDM dans des conditions de surintensité

9.11.1 Liste des essais de surintensité

Les différents essais destinés à vérifier le comportement des PCDM dans des conditions de surintensité sont indiqués dans le Tableau 16.

Tableau 16 – Essais destinés à vérifier le comportement des PCDM dans des conditions de surintensité

Vérification	Paragraphe
Pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.2
Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$	9.11.2.3
Coordination à 250 A et au courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc}	9.11.2.4 a)
Coordination au pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m	9.11.2.4 b)
Coordination à 250 A et au courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta c}$	9.11.2.4 c)
Pouvoir de coupure et de fermeture de la fiche et du ou des socles du PCDM, qu'ils soient séparés ou incorporés	9.11.3

Pour les niveaux de performances supérieurs à ceux spécifiés à l'Article 5 et les facteurs de puissance correspondants, consulter l'IEC 61008-1.

9.11.2 Essais de court-circuit

9.11.2.1 Conditions d'essai générales

Les conditions du 9.11.2 s'appliquent à l'ensemble des essais destinés à vérifier le comportement des PCDM dans des conditions de court-circuit.

a) Circuit d'essai

La Figure 7 représente le schéma du circuit à utiliser pour les essais.

La source S alimente un circuit composé de résistances R, d'inductances L, du DPCC (s'il y a lieu), le PCDM en essai et les résistances supplémentaires R_2 et/ou R_3 , selon le cas.

Si le PCDM est déjà équipé d'un fusible (voir la note 2 de l'Article 1), aucun DPCC supplémentaire n'est nécessaire.

Les valeurs des résistances et des bobines d'inductance du circuit d'essai doivent être réglées afin de remplir les conditions d'essai spécifiées.

Les bobines d'inductance L doivent être sans fer. Elles doivent toujours être connectées en série avec les résistances R, et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série des différentes bobines d'inductance. Le couplage en parallèle des bobines d'inductance est admis si celles-ci ont pratiquement la même constante de temps.

Étant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement des circuits d'essai composés de grandes bobines d'inductance sans fer ne sont pas représentatives des conditions de service normal, la bobine d'inductance sans fer doit être shuntée par une résistance absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine, sauf accord contraire entre le fabricant et l'utilisateur.

Dans chacun des circuits d'essai, les résistances R et les bobines d'inductance L sont placées entre la source d'alimentation S et le PCDM en essai.

Le DPCC ou l'impédance équivalente (voir le 9.11.2.2 a) et le 9.11.2.3 a)) est placé entre les résistances R et le PCDM en essai.

Les résistances supplémentaires R_3 , le cas échéant, doivent être insérées côté charge du PCDM en essai.

Pour les essais du 9.11.2.4 a) et c), les PCDM démontables et les adaptateurs intermédiaires à DDR doivent être connectés à des câbles de 0,75 m de longueur par pôle et de section maximale correspondant au courant assigné, conformément au Tableau 7, et les PCDM non démontables, y compris les adaptateurs, sans câble supplémentaire.

Il est recommandé de connecter une longueur 0,5 m du côté alimentation et une longueur de 0,25 m du côté charge du PCDM.

Le schéma du circuit d'essai doit être fourni dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la figure appropriée du présent document.

Il doit y avoir un seul point du circuit d'essai raccordé directement à la terre. Cela peut être la liaison en court-circuit du circuit d'essai ou le point neutre de l'alimentation ou tout autre point approprié. La méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

R_2 , correctement étalonnée, est une résistance utilisée pour obtenir l'un des courants suivants:

- un courant différentiel résiduel de $10 I_{\Delta n}$ de façon à provoquer le déclenchement du PCDM dans le délai de fonctionnement minimal approprié spécifié dans le Tableau 2;
- le courant de coupure et de fermeture différentiel assigné $I_{\Delta m}$;
- le courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné $I_{\Delta c}$.

S1 est un interrupteur auxiliaire.

Afin de vérifier la valeur minimale de l'énergie thermique $I^2 t$ et du courant de crête I_p que doit supporter un PCDM pour obtenir des résultats d'essais reproductibles, le DPCC doit être réalisé par un fil d'argent monté dans l'appareillage d'essai représenté à la Figure 15.

Le fil d'argent doit avoir une teneur d'argent pur d'au moins 99,9 % et un diamètre de 0,35 mm.

Les valeurs approximatives correspondantes de $I^2 t$ et I_p sont respectivement de 1 kA²s et 1,02 kA lorsque le PCDM est soumis à l'essai au courant conditionnel assigné de court-circuit ou au courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit (valeur du courant présumé: 1 500 A) jusqu'à un courant assigné de 16 A. Pour des courants assignés plus élevés, un fil d'argent d'un diamètre de 0,5 mm doit être utilisé, les valeurs approximatives correspondantes de l'énergie thermique $I^2 t$ et du courant de crête I_p étant respectivement de 4,1 kA²s et 1,5 kA.

Le fil d'argent doit être inséré dans la position appropriée de l'appareillage d'essai, horizontalement et tendu.

Le fil d'argent doit être remplacé après chaque essai.

Toutes les parties conductrices du PCDM en essai qui sont normalement raccordées à la terre en conditions de service, y compris le support métallique sur lequel est fixé ou placé le PCDM ou toute enveloppe métallique (voir le 9.11.2.1 f)) doivent être reliées au point neutre de la source ou à un neutre fictif pratiquement non inductif qui permet d'obtenir un courant de défaut présumé d'au moins 100 A.

Cette connexion doit comprendre un fil de cuivre F d'un diamètre de 0,1 mm et d'une longueur au moins égale à 50 mm pour détecter le courant de défaut et, si nécessaire, une résistance R1 qui limite la valeur du courant de défaut présumé à environ 100 A.

Le capteur de courant O₁ est connecté côté charge du PCDM en essai.

Le capteur de tension O₂ est connecté aux bornes d'alimentation du PCDM en essai.

Sauf indication contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100 Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les PCDM sont alimentés côté réseau à la tension d'emploi assignée.

Dans le cas des PCDM fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, pour que les manœuvres de coupure puissent s'effectuer, il est nécessaire soit de placer le dispositif T établissant le court-circuit soit d'insérer un dispositif supplémentaire côté charge du PCDM pour établir le court-circuit.

b) Tolérances sur les grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de coupure et de fermeture assigné et la vérification de la coordination correcte entre le PCDM et le DPCC doivent être effectués aux valeurs des facteurs et grandeurs d'influence fixés par le fabricant, conformément au Tableau 4, sauf spécification contraire.

Les essais sont considérés comme valables, si les grandeurs indiquées dans le rapport d'essai ne diffèrent des valeurs spécifiées que dans les limites des tolérances suivantes:

- courant: $+5\%$
 0
- fréquence: $\pm 5\%$
- facteur de puissance: 0
 $-0,05$
- tension: $\pm 5\%$ (y compris pour la tension de rétablissement à fréquence industrielle).

c) Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être déterminé selon une méthode admise qui doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Deux exemples sont donnés à l'Annexe H du présent document.

Les valeurs du facteur de puissance doivent être comprises entre 0,93 et 0,98.

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 d'emploi assignée du PCDM en essai.

NOTE La valeur de 105 % de la tension d'emploi assignée est réputée couvrir les effets des variations de la tension du réseau dans les conditions de service normal.

Après chaque extinction de l'arc, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,1 s.

e) Étalonnage du circuit d'essai

Le PCDM en essai et le DPCC, s'il y a lieu, sont remplacés par des connexions temporaires G_1 d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai.

Pour l'essai du 9.11.2.4 a), les bornes de charge du PCDM en essai sont mises en court-circuit au moyen des connexions C d'impédance négligeable, les résistances R et les bobines d'inductance L sont réglées de manière à obtenir, à la tension d'essai, un courant égal au courant conditionnel assigné de court-circuit au facteur de puissance spécifié. Le circuit d'essai est alimenté simultanément sur les deux pôles, et la courbe de courant est enregistrée par le capteur de courant O_1 .

De plus, pour les essais du 9.11.2.2, du 9.11.2.3 et du 9.11.2.4 b) et c), les résistances supplémentaires R_2 et/ou R_3 sont utilisées, si nécessaire, afin d'obtenir les valeurs de courant d'essai exigées (respectivement I_m , $I_{\Delta m}$ et $I_{\Delta c}$).

f) État du PCDM pour l'essai

Le PCDM doit être assemblé et raccordé conformément aux instructions du fabricant et, dans la mesure du possible, posé sur un support métallique, à l'air libre.

Pour la manœuvre d'ouverture (O) seulement, une feuille transparente de polyéthylène d'épaisseur $(0,05 \pm 0,01)$ mm qui dépasse d'au moins 50 mm dans toutes les directions les dimensions hors tout de la face avant de l'appareil mais de dimensions au moins égales à 200 mm × 200 mm, est fixée, raisonnablement tendue, dans un châssis placé à 10 mm

- de la plus grande saillie de l'organe de manœuvre pour un appareil dont l'organe de manœuvre ne se trouve pas dans un renforcement; ou
- du bord du renforcement pour un appareil dont l'organe de manœuvre se trouve dans un renforcement.

Il convient que la feuille ait les propriétés physiques suivantes:

- masse volumique à 23 °C $(0,92 \pm 0,05)$ g/cm³;
- point de fusion 110 °C à 120 °C.

Le mécanisme de commande pour les manœuvres de fermeture ou d'ouverture doit simuler le plus possible le fonctionnement manuel normal.

Il doit être vérifié que le PCDM en essai fonctionne correctement sans charge lorsqu'il est manœuvré dans les conditions spécifiées.

g) Séquence de manœuvres

La procédure d'essai consiste en une séquence de manœuvres. Les symboles suivants sont utilisés pour définir la séquence de manœuvres.

- O représente une manœuvre d'ouverture, le court-circuit étant établi par l'interrupteur T, avec le PCDM en essai et le DPCC, s'il y a lieu, en position fermée;
- CO représente une manœuvre de fermeture du PCDM en essai, l'interrupteur T et le DPCC, s'il y a lieu, étant en position fermée, suivie par une ouverture automatique (dans le cas d'un DPCC, voir le 9.11.2.4);
- t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives en court-circuit qui doit être de 3 min. Un temps plus long peut être exigé pour le réarmement ou le remplacement du DPCC, s'il y a lieu.

h) Comportement du PCDM pendant les essais

Pendant les essais, le PCDM en essai ne doit pas mettre en danger l'opérateur.

De plus, aucun arc permanent ou contournement entre les pôles ou entre les pôles et les parties conductrices exposées, ni déclenchement du dispositif F ne doivent se produire.

Lorsqu'un fusible intégré est présent, il peut fonctionner pendant l'essai.

i) État du PCDM après les essais

Après chacun des essais applicables effectués conformément au 9.11.2.2, au 9.11.2.3, au 9.11.2.4 a), 9.11.2.4 b) et au 9.11.2.4 c), le PCDM en essai ne doit présenter aucun dommage susceptible de compromettre son emploi ultérieur et la feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

Le PCDM doit pouvoir, sans maintenance:

- satisfaire aux exigences du 9.7.3, mais à une tension égale à deux fois la tension d'emploi assignée pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité;
- établir et couper son courant assigné à sa tension d'emploi assignée.

Pour un PCDM classifié selon le 4.6.1, l'ouverture du contact PE doit être assurée.

Dans les conditions d'essai du 9.9.2.2 a), le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

Les PCDM doivent être capables de satisfaire à l'essai du 9.17, le cas échéant.

9.11.2.2 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du PCDM à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit tandis que le courant différentiel provoque le fonctionnement du PCDM.

a) Conditions d'essai

Le PCDM est soumis à l'essai dans un circuit conformément aux conditions d'essai générales spécifiées en 9.11.2.1, sans DPCC extérieur inséré dans le circuit.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le PCDM et par des connexions qui présentent approximativement la même impédance que le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvre suivante est effectuée en appliquant un courant de fonctionnement différentiel égal à $10 I_{\Delta n}$ aux bornes de l'interrupteur S_1 et de la résistance R_2 :

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.3 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$) en court-circuit

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du PCDM à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants différentiels de court-circuit.

a) Conditions d'essai

Le PCDM doit être soumis à l'essai conformément aux conditions d'essai générales spécifiées en 9.11.2.1, sans DPCC extérieur inséré dans le circuit, mais en étant connecté de telle sorte que le courant de court-circuit soit un courant différentiel résiduel.

Pour cet essai, les résistances R_3 ne sont pas utilisées, le circuit étant laissé ouvert.

Les voies de courant qui ne sont pas soumises au courant différentiel de court-circuit sont connectées à la tension d'alimentation par ses bornes de ligne.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le PCDM et par des connexions qui présentent approximativement la même impédance que le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

L'essai est effectué sur chacun des deux pôles successivement.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO – t – CO

Pour la manœuvre de coupure, l'interrupteur auxiliaire T est synchronisé par rapport à l'onde de tension, de sorte que le point d'établissement soit $(45 \pm 5)^\circ$.

9.11.2.4 Vérification de la coordination entre le PCDM et le DPCC

Ces essais sont destinés à vérifier que le PCDM, protégé par le DPCC, est capable de supporter, sans dommages, des courants de court-circuit jusqu'à son courant conditionnel assigné de court-circuit (voir le 5.3.9 et le 5.3.10).

Le courant de court-circuit est interrompu par l'association du PCDM et du DPCC.

Pendant l'essai, le PCDM et/ou le DPCC peuvent s'ouvrir. Toutefois, si seul le PCDM s'ouvre, l'essai est aussi considéré comme satisfaisant.

Le DPCC est remplacé ou réarmé, selon le cas, après chaque manœuvre.

Les essais suivants (voir aussi le Tableau 16) sont effectués dans les conditions générales du 9.11.2.1:

- un essai, effectué sans établir de courant différentiel résiduel, pour vérifier qu'au courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc} , le DPCC protège le PCDM conformément au a) ci-dessous;
- un essai, effectué sans établir de courant différentiel résiduel, pour vérifier qu'au courant de court-circuit correspondant au pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m , le DPCC fonctionne et protège le PCDM conformément au b) ci-dessous;
- un essai pour vérifier qu'en cas de courts-circuits phase-terre, avec des courants jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta c}$, le PCDM est capable de supporter les contraintes correspondantes, en raison de la protection due au DPCC conformément au c) ci-dessous.

Pour les manœuvres de coupure, l'interrupteur auxiliaire T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de sorte que le point d'établissement soit $(45 \pm 5)^\circ$.

a) Vérification de la coordination à 250 A et au courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})

1) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le PCDM en essai et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste ouvert. Aucun courant différentiel n'est établi.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO

b) Vérification de la coordination au pouvoir de coupure et de fermeture assigné (I_m)

1) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le PCDM en essai et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste ouvert. Aucun courant différentiel n'est établi.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO – t – CO

c) Vérification de la coordination à 250 A et au courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$)

1) Conditions d'essai

Le PCDM doit être connecté de telle sorte que le courant de court-circuit soit un courant différentiel.

L'essai est effectué sur un pôle seulement.

Les voies de courant qui ne sont pas parcourues par le courant différentiel de court-circuit sont connectées à la source d'alimentation par ses bornes de ligne.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le PCDM en essai et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO – t – CO

9.11.3 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture de la fiche et du ou des socles du PCDM, qu'ils soient séparés ou incorporés

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.12 Vérification de la résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

9.12.1 Généralités

Les PCDM doivent avoir une résistance mécanique adéquate pour supporter les contraintes qui s'exercent en usage normal, comme cela est défini dans le Tableau 17.

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

Tableau 17 – Liste des essais de résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

Partie à soumettre à l'essai	Paragraphe de l'essai
Pour les adaptateurs du 4.1.1, classifiés selon le 4.5.1	9.12.2
Pour les adaptateurs du 4.1.1, classifiés selon le 4.5.2	9.12.2 et 9.12.6
Pour les dispositifs du 4.1.2.1, du 4.1.2.2, du 4.1.2.3, du 4.1.3.1, du 4.1.3.2, du 4.1.4.1 et du 4.1.4.2	9.12.2 et 9.12.6
Pour les presse-étoupes à vis des PCDM	9.12.3
Pour les broches de fiches comportant une gaine isolante	9.12.4
Pour les obturateurs de socles	9.12.5

9.12.2 Les échantillons sont soumis à l'essai dans le tambour tournant, comme cela est représenté à la Figure 8.

Les PCDM démontables sont équipés du câble souple ou du cordon spécifié dans le Tableau 5 et d'une longueur libre inférieure ou égale à 100 mm environ, si nécessaire pour permettre la chute libre.

Les vis des bornes et les vis d'assemblage sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 12.

Les PCDM non démontables sont soumis à l'essai dans leur état de livraison, en coupant le cas échéant le câble souple ou le cordon de telle sorte qu'une longueur libre inférieure ou égale à 100 mm environ, si nécessaire pour permettre la chute libre, dépasse de l'appareil.

Les échantillons tombent d'une hauteur de 50 cm sur une plaque d'acier d'une épaisseur de 3 mm, soit un nombre de 25 chutes.

Le tambour tourne à une vitesse de cinq tours par minute, ce qui provoque 10 chutes par minute.

Un seul échantillon à la fois est soumis à l'essai dans le tambour.

Après l'essai, les échantillons ne doivent présenter aucun dommage au sens du présent document. En particulier:

- aucune partie ne doit s'être désolidarisée ni desserrée;
- les broches ne doivent pas s'être déformées au point que la fiche ne puisse plus être insérée dans un socle conforme à la norme nationale pertinente ou, si une telle norme n'est pas disponible, à l'IEC 60884-1;
- les broches ne doivent pas tourner lorsqu'un couple de 0,4 Nm est appliqué sans à-coups, d'abord dans un sens pendant 1 min, puis dans le sens opposé pendant 1 min;
- s'il y a lieu, le DDR doit fonctionner lorsqu'un courant différentiel résiduel égal à $1,25 I_{\Delta n}$ est appliqué aux bornes d'un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure;
- après cet essai, la protection contre les chocs électriques ne doit pas être compromise et l'échantillon doit satisfaire aux exigences du 9.6.

NOTE 1 Lors de l'examen effectué après cet essai, le raccordement du câble souple ou du cordon fait l'objet d'une attention particulière. De petites pièces peuvent être cassées sans conduire au rejet si la protection contre les chocs électriques n'est pas compromise.

NOTE 2 Une détérioration de la finition et de petites ébréchures qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air au-dessous des valeurs spécifiées en 8.1.4 ne sont pas prises en compte.

9.12.3 Les presse-étoupes à vis sont équipés d'une broche métallique cylindrique dont le diamètre, en millimètres, est égal au diamètre intérieur de la bague d'étanchéité, arrondi au millimètre immédiatement inférieur.

Les presse-étoupes sont ensuite serrés à l'aide d'une clé adéquate, en appliquant le couple spécifié dans le Tableau 18 pendant 1 min.

Tableau 18 – Couple appliqué à la clé pour l'essai du 9.12.3

Diamètre de la broche d'essai mm	Couple	
	Nm	
	Presse-étoupes métalliques	Presse-étoupes surmoulés
Jusqu'à 14 inclus	6,25	3,75

Après l'essai, les presse-étoupes et les enveloppes des échantillons ne doivent présenter aucun dommage au sens du présent document.

9.12.4 Les broches de fiches comportant une gaine isolante sont soumises à l'essai conformément aux normes nationales ou, si de telles normes ne sont pas disponibles, à l'IEC 60884-1, au moyen de l'appareillage.

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.12.5 Les obturateurs doivent être conçus de manière à résister aux forces mécaniques qui peuvent s'exercer en usage normal, par exemple lorsque la broche d'une fiche est appuyée par inadvertance sur l'obturateur de l'orifice d'entrée du socle.

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.12.6 Les échantillons démontables sont équipés du type de câble souple ou de cordon le plus léger et de la plus petite section spécifiée dans le Tableau 20.

Les échantillons non démontables sont soumis à l'essai dans leur état de livraison.

Pour les PCDM classifiés selon le 4.5.2, l'essai doit être effectué à $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

L'extrémité libre du câble est fixée à un mur, à une hauteur de 750 mm au-dessus du sol, comme cela est représenté à la Figure 14.

Pour les PCDM classifiés selon le 4.1.1, l'essai doit être effectué sans cordon.

L'échantillon est maintenu de sorte que le câble ou cordon soit horizontal, puis est lâché huit fois sur un sol en béton, en tournant le câble de 45° au niveau de sa fixation à chaque chute.

Après l'essai, les échantillons ne doivent présenter aucun dommage au sens du présent document. En particulier, aucune partie ne doit s'être désolidarisée ni desserrée.

NOTE Les petites ébréchures et les petits éclats qui n'altèrent pas la protection contre les chocs électriques ne sont pas pris en compte.

S'il y a lieu, le PCDM doit fonctionner lorsqu'un courant différentiel résiduel égal à $1,25 I_{\Delta n}$ est appliqué aux bornes d'un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

Après cet essai, la protection contre les chocs électriques ne doit pas être compromise et l'échantillon doit satisfaire aux exigences du 9.6.

9.13 Essai de résistance à la chaleur

9.13.1 Les essais sont effectués conformément au 9.13.2, au 9.13.3 et au 9.13.4, selon le cas.

Les essais du 9.13.3 et du 9.13.4 ne sont pas effectués sur les parties en matériau céramique.

Si au moins deux parties isolantes spécifiées en 9.13.3 et en 9.13.4 sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une de ces parties, conformément au 9.13.3 ou au 9.13.4, selon le cas.

9.13.2 Les échantillons, sans leurs capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $(100 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $(70 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Au cours de l'essai, ils ne doivent subir aucune modification susceptible de compromettre leur utilisation ultérieure et le matériau d'étanchéité éventuel ne doit pas avoir coulé au point d'exposer les parties actives.

Après l'essai et lorsque les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties actives qui ne sont normalement pas accessibles en usage normal, même si le doigt d'épreuve normalisé est appliqué avec une force inférieure ou égale à 5 N.

Dans les conditions d'essai du 9.9.2.2 a), le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

Après l'essai, les marquages doivent être encore lisibles.

NOTE Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement du matériau d'étanchéité ne sont pas pris en compte, sous réserve que la sécurité ne soit pas compromise au sens du présent document.

9.13.3 Les parties extérieures en matériau isolant des PCDM qui sont nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant ou les parties du circuit de protection et les parties maintenant en position les bornes ou les terminaisons, sont soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareillage représenté à la Figure 10.

Les parties en matériau thermoplastique situées sur la face frontale dans une zone de 2 mm de largeur autour des orifices d'entrée des broches de phase et de neutre des socles sont également soumises à cet essai.

La partie en essai doit être placée sur une plaque d'acier d'au moins 3 mm d'épaisseur, en contact direct avec celle-ci.

La partie est placée sur le support en acier, en disposant horizontalement la surface à soumettre à l'essai. Une bille d'acier d'un diamètre de 5 mm est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

La charge d'essai et le support doivent être placés dans l'étuve pendant une durée suffisante afin de s'assurer qu'ils se sont stabilisés à la température d'essai spécifiée avant de démarrer l'essai.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est immergé dans de l'eau froide dans un délai de 10 s afin de le refroidir approximativement à la température ambiante.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.13.4 Les parties extérieures en matériau isolant des PCDM qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément au 9.13.3, mais l'essai est effectué à une température de $(70 + 2) ^\circ\text{C}$ ou $(40 + 2) ^\circ\text{C}$ augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante lors de l'essai du 9.8, si cette température est plus élevée.

9.14 Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu

9.14.1 Généralités

La conformité est vérifiée par les essais du 9.14.2 et, pour les fiches dont les broches comportent une gaine isolante, par l'essai conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, à l'IEC 60884-1.

9.14.2 Essai au fil incandescent

L'essai est effectué conformément à l'IEC 60695-2-10 et à l'IEC 60695-2-11 dans les conditions suivantes:

- pour les parties en matériau isolant qui sont nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant et les parties du circuit de mise à la terre, par l'essai réalisé à une température de $750 ^\circ\text{C}$;

- pour les parties en matériau isolant qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant et les parties du circuit de mise à la terre, même si elles sont en contact avec ces dernières, par l'essai réalisé à une température de 650 °C.

Si les essais spécifiés doivent être effectués en plusieurs points sur le même échantillon, des précautions doivent être prises afin que toute détérioration provoquée par les essais précédents ne fausse pas le résultat de l'essai à effectuer.

Les petites pièces, telles que les rondelles, ne sont pas soumises à l'essai du présent 9.14.2.

Les essais ne sont pas effectués sur les pièces en matériau céramique.

Dans la mesure du possible, il convient que l'échantillon soit un PCDM complet.

Si l'essai ne peut pas être effectué sur un PCDM complet, une partie appropriée peut être découpée pour les besoins de l'essai.

L'essai est effectué sur un échantillon.

En cas de doute, l'essai doit être répété sur deux autres échantillons.

L'essai est effectué en appliquant le fil incandescent une fois.

L'échantillon doit être disposé pendant l'essai dans la position d'utilisation prévue la plus défavorable (en positionnant verticalement la surface en essai).

L'extrémité du fil incandescent doit être appliquée sur la surface spécifiée de l'échantillon, en tenant compte des conditions d'utilisation prévue dans lesquelles un élément chauffé ou incandescent peut entrer en contact avec l'échantillon.

L'échantillon est considéré comme ayant réussi l'essai au fil incandescent si l'une des conditions suivantes est remplie:

- aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée ne sont observées;
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon disparaissent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier de soie ne doit pas s'être enflammé, et la planche ne doit pas être roussie.

9.15 Vérification du mécanisme à déclenchement libre

9.15.1 Conditions d'essai générales

Le PCDM est raccordé et câblé comme en usage normal.

Il est soumis à l'essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est représenté à la Figure 24.

9.15.2 Procédure d'essai

La manœuvre de fermeture du PCDM doit être effectuée avec l'interrupteur d'essai S_1 en position fermée, S_2 en position ouverte et S_3 en position 1.

Un courant différentiel résiduel égal à $1,5 I_{\Delta n}$ est injecté en fermant l'interrupteur S_2 , le PCDM ayant été préalablement fermé et l'organe de manœuvre maintenu en position fermée. Le PCDM doit se déclencher.

L'essai est effectué trois fois.

Si le PCDM est équipé de plusieurs organes de manœuvre, le mécanisme à déclenchement libre est vérifié pour chaque organe de manœuvre.

9.16 Vérification du dispositif d'essai

9.16.1 Vérification du fonctionnement du dispositif d'essai pour déconnecter la charge

- a) Le PCDM étant alimenté à une tension égale à 0,85 fois sa tension d'emploi assignée ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à 0,85 fois la tension d'emploi assignée la plus basse, le dispositif d'essai est activé momentanément 25 fois à intervalles de 5 s, le PCDM étant refermé avant chaque manœuvre.
- b) L'essai a) est ensuite répété à 1,1 fois la tension d'emploi assignée ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à 1,1 fois la tension d'emploi assignée la plus élevée.
- c) L'essai b) est ensuite répété, mais une seule fois, en maintenant l'organe de manœuvre du dispositif d'essai en position fermée pendant 30 s.

À chaque essai, le PCDM doit fonctionner. Après l'essai, l'échantillon ne doit présenter aucune altération susceptible de compromettre son usage ultérieur.

9.16.2 Vérification des ampères-tours

Pour vérifier que les ampères-tours provoqués par les manœuvres du dispositif d'essai sont inférieurs à 3,5 fois les ampères-tours produits par un courant différentiel résiduel égal à $I_{\Delta n}$ à la tension d'emploi assignée, ou à la tension d'emploi assignée la plus élevée lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, l'impédance du circuit du dispositif d'essai est mesurée et le courant d'essai est calculé en tenant compte de la configuration du circuit du dispositif d'essai.

Si pour une telle vérification, le démontage du PCDM s'avère nécessaire, un échantillon distinct doit être utilisé.

9.17 Vérification du comportement des PCDM en cas de défaillance de la tension d'alimentation

9.17.1 Détermination de la valeur limite de la tension d'alimentation (U_x)

Le PCDM est raccordé et câblé comme en usage normal.

Il est soumis à l'essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est représenté à la Figure 24.

La manœuvre de fermeture du PCDM doit être effectuée avec l'interrupteur S_1 en position fermée, S_2 en position ouverte et S_3 en position 1.

Une tension égale à la tension d'emploi assignée ou à l'une des tensions d'emploi assignées, lorsque plusieurs tensions d'emploi assignées sont appliquées aux bornes de ligne du PCDM. Le PCDM est alors réarmé. La tension d'alimentation est alors abaissée progressivement jusqu'à zéro dans un délai d'environ 30 s jusqu'à l'ouverture automatique du PCDM.

La tension à laquelle se produit l'ouverture automatique est mesurée.

L'essai est effectué cinq fois.

L'ouverture automatique du PCDM doit se produire à une tension inférieure à 0,85 fois la tension d'emploi assignée ou, si plusieurs tensions d'emploi sont assignées, 0,85 fois la tension d'emploi assignée la plus faible.

À l'issue de ces mesurages, le PCDM est réalimenté à une tension égale à la tension d'emploi assignée, puis est à nouveau réarmé. La tension d'alimentation est alors abaissée à une valeur 5 % supérieure à la valeur de tension mesurée la plus élevée ayant entraîné l'ouverture du dispositif lors de l'essai précédent, sans être inférieure à 50 V. Il doit être vérifié que le PCDM se déclenche dans un délai de 300 ms dans ces conditions, lorsqu'un courant différentiel résiduel égal à $1,25 I_{\Delta n}$ est appliqué.

Il doit également être vérifié que, pour toute valeur de la tension d'alimentation inférieure à la plus faible valeur mesurée, qu'il n'est pas possible de fermer l'appareillage en actionnant l'organe de manœuvre manuel.

9.17.2 Vérification du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Le PCDM est raccordé et câblé comme en usage normal.

Il est soumis à l'essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est représenté à la Figure 24.

La manœuvre de fermeture du PCDM doit être effectuée avec l'interrupteur S_1 en position fermée, S_2 en position ouverte et S_3 en position 1.

Le PCDM est alimenté côté réseau à la tension d'emploi assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur comprise dans la plage des tensions d'emploi assignées) et est fermé.

La tension d'alimentation est ensuite interrompue pendant (25 ± 5) ms. Le PCDM ne doit pas s'ouvrir automatiquement.

Après cet essai, la tension d'alimentation est interrompue pendant 0,5 s. Le PCDM doit s'ouvrir automatiquement.

Le PCDM est ensuite alimenté à sa tension d'emploi assignée, et S_2 est mis en fonctionnement afin d'injecter un courant différentiel résiduel égal à $I_{\Delta n}$. Le PCDM doit s'ouvrir dans un délai de 0,3 s.

Les PCDM ne doivent pas se refermer lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

La série d'essais ci-dessus est effectuée cinq fois.

NOTE La vérification de la valeur de U_y (voir le 3.2.4.3.2) n'est pas traitée dans le présent document.

9.17.3 Vérification de la refermeture des PCDM classifiés selon le 4.3.2 lorsque la tension d'alimentation est rétablie après ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Une tension d'alimentation augmentant lentement est appliquée de façon à obtenir la tension d'emploi assignée (ou, dans le cas d'une plage de tensions d'emploi assignées, la tension d'emploi assignée la plus faible en partant de zéro) en 30 s. Le PCDM doit se refermer à une tension supérieure ou égale à U_x et avant que la tension atteigne 0,85 fois la tension d'emploi assignée.

9.18 Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité

Le PCDM est connecté comme en usage normal avec une charge pratiquement non inductive qui correspond à un courant de $4 I_n$.

Les PCDM sont alimentés côté réseau à la tension d'emploi assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur comprise dans la plage des tensions d'emploi assignées).

Le courant est établi par un interrupteur d'essai bipolaire, qui est ouvert après 1 s.

Le PCDM ne doit pas s'ouvrir.

L'essai est répété trois fois, l'intervalle entre deux manœuvres de fermeture consécutives étant d'au moins 1 min.

S'il y a lieu, un fusible intégré peut être remplacé par un élément non fusible.

9.19 Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \geq 0,010 \text{ A}$

Le PCDM est soumis à l'essai en utilisant un générateur d'impulsions capable de produire un courant oscillatoire amorti, comme cela est représenté à la Figure 19. Un exemple de schéma de circuit pour l'essai du PCDM est représenté à la Figure 20. Un pôle du PCDM, choisi au hasard, est soumis à 10 applications du courant de surcharge. La polarité du courant de surcharge doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être de 30 s environ.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide de dispositifs appropriés et réglées en utilisant un échantillon supplémentaire de PCDM du même type afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- valeur de crête: 25 A, avec une tolérance de +10 % et -0 %;
- durée conventionnelle du front: 0,5 μs , avec une tolérance de ± 30 %;
- période de l'onde oscillatoire suivante: 10 μs , avec une tolérance de ± 20 %;
- chacune des crêtes successives: environ 60 % de la valeur de crête précédente.

Pendant les essais, le PCDM ne doit pas se déclencher.

9.20 Vérification du fonctionnement correct avec des courants différentiels résiduels comportant une composante continue pour les PCDM classifiés selon le 4.4.2

9.20.1 Généralités

Pour les PCDM classifiés selon le 4.4.2, les conditions d'essai du 9.9.1 s'appliquent, excepté que les circuits d'essai doivent être configurés comme cela est représenté à la Figure 4 et à la Figure 5, selon le cas.

9.20.1.1 Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation continue d'un courant différentiel continu pulsé

L'essai doit être effectué conformément à la Figure 4.

Les interrupteurs auxiliaires 1 et S2 et le PCDM en essai sont fermés. Le thyristor approprié doit être commandé de manière à obtenir des angles de retard de conduction α de 0° , 90° et 135° . Chaque pôle du PCDM doit être soumis à l'essai deux fois pour chacun des angles de retard de conduction, deux fois pour la position I et deux fois pour la position II de l'interrupteur auxiliaire S₃.

À chaque essai, le courant doit être augmenté progressivement de zéro dans un délai de 30 s jusqu'à:

- $1,4 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

Le courant de déclenchement doit être conforme au Tableau 19.

Tableau 19 – Plages de valeurs du courant de déclenchement pour les PCDM en cas de courant continu pulsé

Angle α	Courant de déclenchement A	
	Limite inférieure (pour toutes les valeurs de $I_{\Delta n}$)	Limite supérieure (pour toutes les valeurs de α)
0°	$0,35 I_{\Delta n}$	Pour $I_{\Delta n} \leq 10$ mA: $2 I_{\Delta n}^*$
90°	$0,25 I_{\Delta n}$	Pour $I_{\Delta n} > 10$ mA: $1,4 I_{\Delta n}$
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	
*Aux États-Unis, la valeur 30 mA est acceptée pour $I_{\Delta n} < 10$ mA.		

9.20.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus pulsés

Le PCDM doit être soumis à l'essai conformément à la Figure 4.

Le circuit est étalonné successivement aux valeurs de I_{Δ} spécifiées dans le Tableau 2, multipliées par:

- $1,4 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

La durée de coupure est mesurée deux fois pour chacune de ces valeurs avec un angle de retard de conduction $\alpha = 0^\circ$, l'interrupteur auxiliaire S_3 étant en position I pour le premier mesurage et en position II pour le second mesurage.

Aucune mesure ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées dans le Tableau 2.

9.20.2.1 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.20.2 sont répétés, au courant assigné du PCDM, ce courant étant établi peu de temps avant l'essai.

NOTE La mise en charge sous le courant assigné n'est pas représentée sur la Figure 4.

9.20.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés superposés à un courant continu lissé de 0,006 A

Le PCDM doit être soumis à l'essai conformément à la Figure 5, avec un courant de défaut redressé d'une demi-onde (angle de retard de conduction $\alpha = 0^\circ$) auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A.

Chaque pôle du PCDM est soumis à l'essai deux fois successivement dans chacune des positions I et II.

À chaque essai, le courant I_1 d'une demi-onde doit être augmenté progressivement de zéro en 30 s, jusqu'à:

- $1,4 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A;
- $2 I_{\Delta n}$ pour les PCDM dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A.

Le PCDM doit se déclencher avant que le courant atteigne la valeur $1,4 I_{\Delta n} + 6$ mA ou $2 I_{\Delta n} + 6$ mA, selon le cas.

9.21 Vérification de la fiabilité

9.21.1 Essai climatique

9.21.1.1 Généralités

L'essai repose sur l'IEC 60068-2-30 en tenant compte de l'IEC 60068-3-4.

9.21.1.2 Enceinte d'essai

L'enceinte doit être construite comme cela est indiqué dans l'IEC 60068-2-30. L'eau condensée doit être continuellement évacuée de l'enceinte d'essai et ne doit pas être réutilisée, à moins d'avoir été purifiée. Seule de l'eau distillée doit être utilisée pour maintenir l'humidité à l'intérieur de l'enceinte.

Avant d'être placée dans l'enceinte, l'eau distillée doit avoir une résistivité d'au moins 500 Ω m et un pH de $7,0 \pm 0,2$. Pendant et après l'essai, il convient que la résistivité ne soit pas inférieure à 100 Ω m et que le pH reste à $7,0 \pm 1,0$.

9.21.1.3 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: (55 ± 2) °C;
- nombre de cycles: 28.

9.21.1.4 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être conforme à l'IEC 60068-2-30 et à l'IEC 60068-3-4.

a) Vérification initiale

Une vérification initiale est effectuée en soumettant le PCDM à l'essai du 9.9.2.3, mais seulement à $I_{\Delta n}$.

b) Conditionnement

1) Le PCDM connecté comme en usage normal est placé dans l'enceinte.

Il doit être en position fermée. Les PCDM doivent être alimentés à la tension d'emploi assignée ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à l'une d'entre elles.

2) Période de stabilisation (voir la Figure 16).

La température du PCDM doit être stabilisée à (25 ± 3) °C:

- soit en plaçant le PCDM dans une enceinte distincte avant de l'insérer dans l'enceinte d'essai;
- soit en réglant la température de l'enceinte d'essai à (25 ± 3) °C après avoir placé le PCDM dans l'enceinte et en la maintenant dans ces limites jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Durant la stabilisation de la température selon l'une de ces méthodes, l'humidité relative doit être comprise dans les limites indiquées pour les conditions atmosphériques d'essai normales (voir le Tableau 4).

Pendant la dernière heure, le PCDM étant dans l'enceinte d'essai, l'humidité relative doit être augmentée jusqu'à une valeur supérieure ou égale à 95 % à une température ambiante de $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

3) Description du cycle de 24 h (voir la Figure 17)

- i) La température de l'enceinte doit être augmentée progressivement jusqu'à la valeur de la température la plus élevée spécifiée en 9.21.1.3. La température la plus élevée doit être obtenue dans un délai de $3 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ et à une vitesse comprise dans les limites définies par la zone hachurée de la Figure 17.

Pendant cette période, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %. Pendant cette période, de la condensation doit se former sur le PCDM.

La condition pour que de la condensation se forme implique que la température de surface du PCDM soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère. Cela signifie que l'humidité relative doit être supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible. Il convient de prendre des précautions afin qu'aucune goutte d'eau condensée ne puisse tomber sur l'échantillon.

- ii) La température doit alors être maintenue pendant $12 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ à partir du démarrage du cycle à une valeur pratiquement constante, dans les limites de $\pm 2 ^\circ\text{C}$ spécifiées pour la température la plus élevée.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être de $(93 \pm 3) \%$, sauf au cours des 15 premières et des 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se former de condensation sur le PCDM pendant les 15 dernières minutes.

- iii) La température doit ensuite être abaissée à $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ dans un délai compris entre 3 h et 6 h. Au début, pendant $1 \text{ h} 30 \text{ min}$, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si celle-ci était maintenue de la manière représentée à la Figure 17, la température de $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ serait atteinte en $3 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$. Durant la période d'abaissement de la température, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %, sauf au cours des 15 premières minutes pendant lesquelles elle doit être d'au moins 90 %.

- iv) La température doit enfin être maintenue à $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ avec une humidité relative d'au moins 95 % jusqu'à la fin du cycle de 24 h.

9.21.1.5 Rétablissement

À l'issue des cycles, le PCDM ne doit pas être retiré de l'enceinte d'essai.

La porte de l'enceinte d'essai doit être ouverte, et la régulation en température et humidité est coupée.

Avant de procéder aux mesurages finaux, une période de 4 h à 6 h doit s'écouler pour permettre le rétablissement des conditions ambiantes (température et humidité).

Pendant les 28 cycles, le PCDM ne doit pas se déclencher.

9.21.1.6 Vérification finale

Dans les conditions d'essai spécifiées en 9.9.2.3, le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

9.21.2 Essai à la température de $40 ^\circ\text{C}$

Le PCDM est installé comme en usage normal sur une paroi de contreplaqué de 20 mm d'épaisseur environ, peinte en noir mat.

À chaque pôle, un conducteur à une âme d'une longueur de 1 m et de la section nominale spécifiée dans le Tableau 11 est connecté à l'entrée et à la sortie du PCDM, en serrant les vis ou écrous de ces bornes à un couple de torsion égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 12. L'ensemble est placé dans une étuve.

Les PCDM non démontables sont soumis à l'essai dans leur état de livraison.

Un courant égal au courant assigné à une tension appropriée est ensuite appliqué au PCDM, puis le PCDM est soumis à une température de $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec circulation de courant suivies de 3 h sans circulation de courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, le PCDM n'étant pas manœuvré.

Les PCDM sont alimentés à la tension d'emploi assignée ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à l'une d'entre elles.

À l'issue de la dernière période de 21 h avec circulation de courant, l'échauffement des bornes est déterminé au moyen de thermocouples à fils fins. Cet échauffement ne doit pas dépasser 50 K.

Après cet essai, le PCDM est laissé dans l'enceinte, sans circulation de courant, pour refroidir approximativement à la température ambiante.

Dans les conditions d'essai spécifiées en 9.9.2.3, le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

NOTE La Figure 18 représente un exemple de circuit d'essai pour cette vérification.

9.22 Vérification du vieillissement

Le PCDM et ses composants électroniques, s'il y a lieu, doivent satisfaire aux deux essais suivants selon le cas.

a) Résistance au vieillissement

Les pièces prévues pour la décoration seulement, comme certains couvercles, doivent être retirées avant l'essai.

Les PCDM sont soumis à l'essai, après avoir été assemblés comme en usage normal, dans une étuve ventilée par circulation naturelle et dont l'atmosphère a la composition et la pression de l'air ambiant.

La température dans l'enceinte doit être de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Les échantillons sont maintenus dans l'enceinte pendant 7 jours (168 h).

L'utilisation d'une étuve à chauffage électrique est recommandée.

La ventilation par circulation naturelle peut être assurée par des trous dans les parois de l'enceinte.

Après ce traitement, les échantillons sont retirés de l'enceinte et conservés à température ambiante et dans une humidité relative de 45 % à 55 % pendant au moins 4 jours (96 h).

Les échantillons ne doivent présenter aucune craquelure visible à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire, et le matériau ne doit pas être devenu collant ou gras, cette dernière condition étant estimée comme suit.

L'index, enveloppé d'un morceau de tissu rugueux et sec est appliqué sur l'échantillon avec une force de 5 N. Aucune trace de tissu ne doit rester sur l'échantillon et le matériau de l'échantillon ne doit pas adhérer au tissu.

Après l'essai, les échantillons ne doivent présenter aucun dommage susceptible d'entraîner la non-conformité au présent document.

NOTE 1 La force de 5 N peut être obtenue comme suit.

L'échantillon est placé sur l'un des plateaux d'une balance, et l'autre plateau est chargé d'une masse égale à la masse de l'échantillon plus 500 g.

L'équilibre est ensuite rétabli en exerçant une pression sur l'échantillon avec l'index enveloppé d'un morceau de tissu rugueux et sec.

b) Vieillessement des composants électroniques

NOTE 2 Une révision de cet essai est à l'étude.

Le PCDM est conservé pendant 168 h à une température ambiante de $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et chargé au courant assigné. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension correspondant à la tension d'emploi assignée ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à la tension correspondant à la tension d'emploi assignée la plus élevée. Après cet essai, le PCDM est laissé dans l'enceinte pour refroidir approximativement à la température ambiante, sans circulation de courant.

Dans les conditions d'essai spécifiées au 9.9.2.3, le PCDM doit se déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

NOTE 3 La Figure 18 représente un exemple de circuit d'essai pour cette vérification.

9.23 Résistance au cheminement

Les matériaux céramiques et les matériaux dont l'indice de résistance au cheminement (IRC) est supérieur à 400 ne sont pas soumis à l'essai.

Pour les autres matériaux, la conformité est vérifiée par l'essai de l'IEC 60112, avec les paramètres suivants:

- *une surface plane de la partie à soumettre à l'essai, si possible d'au moins 15 mm × 15 mm, est disposée horizontalement;*
- *le matériau en essai doit présenter un indice de tenue au cheminement de 175 V en utilisant la solution d'essai A avec un intervalle de 30 s ± 5 s entre les gouttes;*
- *il ne doit se produire ni brûlure, contournement ou claquage entre les électrodes tant que 50 gouttes au total ne sont pas tombées.*

NOTE Il importe de vérifier avant chaque essai que les électrodes sont propres, de forme correcte et correctement placées, voir la Figure 11.

En cas de doute, l'essai est répété, si nécessaire, sur un nouveau lot d'échantillons.

9.24 Essai sur les broches comportant une gaine isolante

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.25 Essai de résistance mécanique des broches non massives des fiches et des socles mobiles

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.26 Vérification des effets des contraintes sur les conducteurs

Le câble souple ou le cordon, de la section maximale indiquée dans le Tableau 20, est connecté au PCDM de telle sorte que les conducteurs parcourus par un courant empruntent le plus court chemin possible entre l'arrêt de traction et les bornes associées.

Après la connexion, l'âme du conducteur de terre est amenée jusqu'à sa borne et sectionnée à 8 mm de plus que la longueur nécessaire pour sa connexion correcte.

Le conducteur de terre est alors connecté également à la borne. Il doit alors être possible d'enfermer la boucle, qui est formée par le conducteur de terre à cause de sa longueur supplémentaire, librement dans l'espace de câblage sans comprimer ni presser l'âme lorsque l'enveloppe ou le capot du PCDM est remonté et fixé correctement.

9.27 Vérification du couple exercé par les PCDM enfichables sur les socles fixes

La conformité est vérifiée conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

9.28 Essais du dispositif d'arrêt de câble

L'efficacité de la retenue est vérifiée par l'essai suivant à l'aide d'un appareillage, comme cela est représenté à la Figure 12.

Les PCDM non démontables sont soumis à l'essai dans leur état de livraison.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à nouveau à l'essai les fiches et les socles qui ont déjà été soumis aux essais de type conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

Les appareils démontables sont soumis à l'essai avec chacun des types de câbles correspondants, conformes à l'IEC 60245, indiqués dans le Tableau 20.

Tableau 20 – Disposition appropriée des câbles pour l'essai de retenue des PCDM démontables

Courant assigné du PCDM A	Type de câble	Nombre de conducteurs et section nominale mm ²	Limites des dimensions externes des câbles	
			mm	
			Valeur minimale	Valeur maximale
6	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1	6,5	9,2
10	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1,0	6,5	9,2
13-16	60245 IEC 53	3 × 0,75 3 × 1,5	6,5	11,0
20	60245 IEC 53	3 × 1 3 × 2,5	7,0	13,0
32	60245 IEC 53 60245 IEC 66	3 × 2,5 3 × 6	10,0	20,0
NOTE Ce tableau est conforme au Tableau 19 de l'IEC 60884-1:2002/AMD2:2013.				

Les âmes du câble souple ou du cordon des appareils démontables sont insérées dans les bornes, et les vis des bornes sont serrées à un couple suffisant pour empêcher les âmes de changer facilement de position.

Le dispositif d'arrêt de câble est utilisé de manière normale. Les vis de serrage éventuelles sont serrées à un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 12.

Après remontage de l'échantillon, les parties constitutives doivent s'ajuster exactement et il ne doit pas être possible de pousser le câble à l'intérieur de l'échantillon de façon appréciable.

L'échantillon est placé dans l'appareillage d'essai de telle sorte que l'axe du câble soit vertical lorsqu'il entre dans l'échantillon.

Le câble est soumis 100 fois à un effort de traction de 60 N.

Les efforts de traction sont appliqués sans à-coups, chaque fois pendant 1 s.

Il convient de prendre soin d'exercer simultanément la même traction sur toutes les parties (conducteur, isolant et gaine) du câble souple ou du cordon.

Immédiatement après, le câble ou cordon est soumis à un couple de 0,25 Nm pendant 1 min.

Après les essais, le câble ou cordon ne doit pas s'être déplacé de plus de 2 mm, lorsque le câble est soumis à une traction de 60 N. Pour les appareils démontables, les extrémités des âmes ne doivent pas s'être déplacées sensiblement dans les bornes. Pour les appareils non démontables, les connexions électriques ne doivent pas être interrompues.

Pour mesurer les déplacements longitudinaux, une marque est effectuée sur le câble ou le cordon tendu avant les essais, à une distance de 2 cm environ de l'extrémité de l'échantillon ou du dispositif de garde. Si, pour les appareils non démontables, il n'y a pas d'extrémité définie à la partie du PCDM raccordée au câble, une marque supplémentaire est réalisée sur le corps de cette partie.

9.29 Essai de flexion des PCDM non démontables

Un essai de flexion est effectué à l'aide d'un appareillage, comme cela est représenté à la Figure 13.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à nouveau à l'essai les fiches et les socles qui ont déjà été soumis aux essais de type conformément à la norme nationale ou, si une telle norme n'est pas disponible, conformément à l'IEC 60884-1.

L'échantillon est fixé à la partie oscillante de l'appareillage de telle sorte que, lorsque celle-ci se trouve à mi-course, l'axe du câble souple ou du cordon, à l'entrée dans l'échantillon, soit vertical et passe par l'axe d'oscillation.

Les échantillons équipés de cordons méplats sont montés de sorte que le plus grand axe de la section soit parallèle à l'axe d'oscillation.

L'échantillon doit être fixé dans l'appareillage d'essai comme suit:

- fiches: sur les broches;
- socles mobiles: à une distance de 4 mm à 5 mm de la face d'engagement, dans la direction du câble. Une fiche d'essai présentant les dimensions maximales doit être insérée dans le socle mobile pendant l'essai.

En réglant la distance entre le dispositif de fixation de la partie oscillante et l'axe d'oscillation, le PCDM est positionné de manière à réduire le plus possible les mouvements latéraux du câble lorsque la partie oscillante de l'appareillage d'essai est déplacée sur sa course totale.

Pour pouvoir déterminer facilement, par expérience, la position de montage qui réduit le plus possible les mouvements latéraux du câble pendant l'essai, il convient que le dispositif de flexion soit construit de telle sorte que les différents supports pour les accessoires montés sur la partie oscillante puissent être facilement réglés.

Il est recommandé que l'appareillage d'essai comporte des dispositifs (fente ou broche, par exemple) pour pouvoir déterminer si les déplacements latéraux du câble sont réduits le plus possible.

Le câble ou cordon est chargé d'une masse telle que la force appliquée soit de:

- 20 N pour les PCDM équipés de câbles de section nominale supérieure à 0,75 mm²;
- 10 N pour les autres PCDM.

Un courant égal au courant assigné du PCDM ou à la valeur suivante, si cette valeur est moins élevée, est appliqué aux bornes des âmes:

- 16 A pour les PCDM équipés de câbles de section nominale supérieure à 0,75 mm²;
- 10 A pour les PCDM équipés de câbles de section nominale égale à 0,75 mm².

La tension entre conducteurs doit être égale à la tension d'emploi assignée du PCDM ou, lorsque plusieurs tensions d'emploi sont assignées, à la tension d'emploi assignée la plus élevée.

La partie oscillante est inclinée de 90° (45° de part et d'autre de la verticale), puis 10 000 flexions sont effectuées à la cadence de 60 par minute.

NOTE 1 Une flexion est un mouvement effectué soit dans un sens, soit dans l'autre.

Les échantillons équipés de câbles ou cordons à section circulaire sont tournés de 90° dans la partie oscillante après 5 000 flexions. Les échantillons équipés de cordons méplats subissent seulement les flexions dans une direction perpendiculaire au plan contenant les axes des âmes.

Au cours de l'essai de flexion, il ne doit pas se produire:

- d'interruption de courant,
- de court-circuit entre les conducteurs.

NOTE 2 Un court-circuit est présumé se produire lorsque le courant atteint une valeur égale à deux fois le courant d'essai du PCDM entre les conducteurs du câble souple ou du cordon.

Les chutes de tension entre chaque contact et le conducteur correspondant, soumis au courant d'essai, ne doivent pas dépasser 10 mV.

Après l'essai, le dispositif de garde éventuel ne doit pas s'être désolidarisé du corps de l'appareil et aucune trace d'abrasion ou d'usure ne doit être observée sur l'isolant du câble souple ou du cordon. Les brins rompus du conducteur ne doivent pas avoir percé l'isolant au point d'être devenus accessibles.

9.30 Vérification de la compatibilité électromagnétique (CEM)

Voir l'Annexe D.

9.31 Essais remplaçant les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air pour les circuits électroniques connectés avec les conducteurs actifs (phase et neutre) et/ou entre les conducteurs actifs et le circuit de terre lorsque les contacts sont fermés

9.31.1 Les PCDM ne doivent pas engendrer de danger d'incendie et/ou de choc électrique dans les conditions anormales susceptibles de se produire en service.

Les conditions dans lesquelles un composant est utilisé dans un PCDM doivent être compatibles avec les caractéristiques de fonctionnement marquées sur le composant et/ou indiquées dans les informations fournies par le fabricant.