

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Dispositif de contrôle et de protection intégré au câble (IC-CPD) pour la charge en mode 2 des véhicules électriques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Dispositif de contrôle et de protection intégré au câble (IC-CPD) pour la charge en mode 2 des véhicules électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-8434-6

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	16
3.1 Terms and definitions relating to plugs and socket-outlets	16
3.2 Terms and definitions relating to terminals.....	18
3.3 Terms and definitions relating to residual current functions.....	18
3.3.1 Terms and definitions relating to currents flowing from live parts to earth.....	18
3.3.2 Terms and definitions relating to the energization of the residual current function	19
3.3.3 Terms and definitions relating to the operation and to the functions of the IC-CPD	19
3.3.4 Terms and definitions relating to values and ranges of energizing quantities.....	21
3.3.5 Terms and definitions relating to values and ranges of influencing quantities.....	23
3.3.6 Terms and definitions relating to conditions of operation.....	23
3.3.7 Terms and definitions relating to control functions between electric vehicle and IC-CPD	23
3.4 Terms and definitions relating to tests.....	24
3.5 Terms and definitions relating to construction	24
4 Classification.....	24
4.1 According to the supply.....	24
4.1.1 General	24
4.1.2 IC-CPD supplied from one phase and neutral and from two phases (LNSE/LLSE or LNE/LLE)	24
4.1.3 IC-CPD supplied from three phases and neutral (LLLNSE or LLLNE).....	25
4.2 According to the construction.....	25
4.2.1 General	25
4.2.2 IC-CPD including the function box separated from the plug and vehicle connector	25
4.2.3 Modular IC-CPD	25
4.3 According to the method of connecting the cable(s)	25
4.3.1 General	25
4.3.2 Non-rewirable IC-CPDs	25
4.3.3 IC-CPDs wired by the manufacturer.....	25
4.3.4 Pluggable IC-CPD	25
4.4 Classification according to the protective conductor path	26
4.4.1 General	26
4.4.2 IC-CPDs with switched protective conductor.....	26
4.4.3 IC-CPDs with non-switched protective conductor	26
4.5 Classification according to the verification of availability of the upstream protective conductor	26
4.5.1 General	26
4.5.2 IC-CPD with verification of the availability of the upstream protective conductor	26

4.5.3	IC-CPD without verification of the availability of the upstream protective conductor	26
4.6	Classification according to the usage	26
4.6.1	IC-CPD for portable use	26
4.6.2	IC-CPD for wall mounting	26
4.6.3	IC-CPD for portable use and for wall mounting	26
5	Characteristics of IC-CPDs	27
5.1	Summary of characteristics	27
5.2	Rated quantities and other characteristics	27
5.2.1	Rated voltages	27
5.2.2	Rated current (I_n)	27
5.2.3	Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	28
5.2.4	Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	28
5.2.5	Rated frequency	28
5.2.6	Rated making and breaking capacity (I_m)	28
5.2.7	Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	28
5.2.8	Operating characteristics in case of residual currents comprising a DC component	28
5.2.9	Insulation coordination including creepage distances and clearances	28
5.2.10	Coordination with short-circuit protection devices (SCPDs)	28
5.3	Standard and preferred values	29
5.3.1	Preferred values of rated operational voltage (U_e)	29
5.3.2	Preferred values of rated current (I_n)	29
5.3.3	Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	29
5.3.4	Standard value of rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	30
5.3.5	Standard minimum value of the non-operating overcurrent through the IC-CPD	30
5.3.6	Preferred values of rated frequency	30
5.3.7	Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)	30
5.3.8	Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	30
5.3.9	Standard value of the rated conditional short-circuit current (I_{nc})	30
5.3.10	Standard value of the rated conditional residual short-circuit current ($I_{\Delta c}$)	30
5.3.11	Limit values of break time	30
6	Marking and other product information	31
6.1	Data to be marked on the IC-CPD	31
6.2	Information to be provided to the end-user	33
7	Standard conditions for operation in service and for installation	33
7.1	Standard conditions	33
7.2	Conditions for installations	34
8	Requirements for construction and operation	34
8.1	Mechanical design	34
8.2	Pluggable electrical connections of pluggable IC-CPDs according to 4.3.4	35
8.2.1	General	35
8.2.2	Degree of protection of pluggable electrical connection against solid foreign objects and against water for pluggable IC-CPD	36

8.2.3	Breaking capacity of pluggable electrical connection for pluggable IC-CPD	36
8.3	Construction	37
8.3.1	General	37
8.3.2	Terminations of IC-CPDs	38
8.3.3	Enclosure of IC-CPDs according to 4.3.3	38
8.3.4	Terminal screws or nuts of IC-CPDs according to 4.3.3	38
8.3.5	Strain on the conductors of IC-CPDs according to 4.3.3	38
8.3.6	Additional requirements for IC-CPDs according to 4.3.3.....	39
8.3.7	Insulating parts which retain live parts in position	39
8.3.8	Screws for IC-CPD according to 4.3.3.....	39
8.3.9	Means for suspension from a wall or other mounting surfaces	39
8.3.10	Plug as an integral part of direct plug-in equipment	39
8.3.11	Flexible cables and cords and their connection	40
8.4	Electrical performance	40
8.4.1	Protective conductor path	40
8.4.2	Contact mechanism	41
8.4.3	Clearances and creepage distances (see Annex C).....	41
8.5	Protection against electric shock.....	44
8.5.1	General	44
8.5.2	Requirements relating to plugs, whether incorporated or not in integral items	44
8.5.3	Degree of protection of the function box	44
8.5.4	Requirements relating to vehicle connectors.....	45
8.6	Dielectric properties	45
8.7	Temperature rise	45
8.8	Operating characteristics	45
8.8.1	General	45
8.8.2	Safe connection operating characteristics.....	46
8.8.3	Operating characteristics with AC residual currents and residual currents having a DC component.....	46
8.8.4	Operating characteristics with smooth DC residual current	46
8.8.5	Behaviour of the IC-CPD after a residual current operation.....	46
8.8.6	Residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases	46
8.8.7	Residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases.....	47
8.9	Mechanical and electrical endurance	47
8.10	Performance at short-circuit currents	47
8.11	Resistance to mechanical shock and impact	47
8.12	Resistance to heat	47
8.13	Resistance to abnormal heat and to fire	47
8.14	Performance of the test function	48
8.15	Behaviour in the event of loss of the supply voltage	48
8.16	Resistance of IC-CPDs against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages.....	48
8.17	Control pilot function controller	48
8.18	Reliability.....	49
8.19	Resistance to tracking.....	49
8.20	Electromagnetic compatibility (EMC).....	49

8.21	Behaviour of the IC-CPD at low ambient air temperature.....	49
8.22	Operation with supply failure and hazardous live protective conductor conditions	49
8.23	Verification of a standing current in the protective conductor in normal service	49
8.24	Behaviour at specific environmental conditions	50
8.25	Resistance to vibration and shock.....	50
9	Tests	50
9.1	General.....	50
9.1.1	Opening and closing of contacts	50
9.1.2	Type tests.....	50
9.1.3	Test sequences	51
9.1.4	Routine tests	52
9.2	Test conditions	52
9.3	Test of indelibility of marking	52
9.4	Verification of protection against electric shock.....	53
9.5	Test of dielectric properties.....	53
9.5.1	Resistance to humidity.....	53
9.5.2	Insulation resistance of the main circuit	54
9.5.3	Dielectric strength of the main circuit	55
9.5.4	Secondary circuit of detection transformers	55
9.5.5	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts.....	55
9.6	Temperature-rise test.....	58
9.6.1	Test conditions	58
9.6.2	Test procedure	59
9.6.3	Measurement of the temperature rise of different parts	59
9.6.4	Temperature rise of a part	59
9.7	Verification of the operating characteristics.....	59
9.7.1	Test circuit.....	59
9.7.2	Residual sinusoidal alternating currents tests	60
9.7.3	Verification of the correct operation with residual currents having a DC component.....	62
9.7.4	Verification of behaviour in the event of composite residual current	63
9.7.5	Verification of the correct operation in the event of smooth DC residual current.....	65
9.7.6	Miswiring and supply failure tests	65
9.7.7	Verification of protective conductor contact behaviour	69
9.7.8	Verification that the protective conductor is connected to the electric vehicle.....	69
9.7.9	Verification of standing current in the protective conductor connection in normal service	70
9.7.10	Verification of the correct operation in the event of residual direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases.....	70
9.7.11	Verification of the correct operation in case of residual direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases.....	70
9.8	Verification of mechanical and electrical endurance	71
9.8.1	Endurance of plug and vehicle connector part	71
9.8.2	Endurance of the residual current function of the IC-CPD	71
9.9	Verification of the behaviour of the IC-CPD under overcurrent conditions.....	73

9.9.1	List of the overcurrent tests	73
9.9.2	Short-circuit tests	73
9.9.3	Verification of the making and breaking capacity of the plug of the IC-CPD	78
9.10	Verification of resistance to mechanical shock and impact	78
9.10.1	General	78
9.10.2	Drop test	79
9.10.3	Test for screwed glands of IC-CPDs	79
9.10.4	Mechanical strength test on IC-CPDs provided with cords	80
9.10.5	Mechanical impact test and shock test	80
9.11	Test of resistance to heat	80
9.11.1	General	80
9.11.2	Temperature test in heating cabinet	80
9.11.3	Ball pressure test for insulating material necessary to retain in position current-carrying parts	81
9.11.4	Ball pressure test for insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts	81
9.12	Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire	82
9.13	Verification of the self-test	83
9.13.1	Test conditions	83
9.13.2	Verification of the self-test with IC-CPD in normal operation	83
9.13.3	Verification of the self-test with simulated welded contacts of IC-CPD	83
9.14	Verification of the behaviour of IC-CPDs in the event of loss of the supply voltage	84
9.14.1	Verification of correct operation at the minimum operating voltage (U_X)	84
9.14.2	Verification of the automatic opening in the event of loss of the supply voltage	84
9.14.3	Verification of the reclosing function	84
9.15	Verification of the limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	85
9.16	Verification of resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages	85
9.17	Verification of reliability	85
9.17.1	Climatic test	85
9.17.2	Test at a temperature of 45 °C	87
9.18	Resistance to ageing	87
9.19	Resistance to tracking	88
9.20	Test on pins provided with insulating sleeves	88
9.21	Verification of the effects of strain on the conductors	89
9.22	Checking of the torque exerted by IC-CPDs on fixed socket-outlets	89
9.23	Tests of the cord anchorage	89
9.24	Flexing test of non-rewirable IC-CPDs	90
9.25	Verification of the electromagnetic compatibility (EMC)	91
9.25.1	Emission	91
9.25.2	Immunity	91
9.26	Tests replacing verifications of creepage distances and clearances	93
9.26.1	General	93
9.26.2	Abnormal conditions	93
9.26.3	Temperature rise resulting from fault conditions	93
9.27	Verifications for single electronic components used in IC-CPDs	96

9.27.1	General	96
9.27.2	Capacitors	96
9.27.3	Resistors and inductors	96
9.28	Chemical loads	96
9.29	Heat test under solar radiation	96
9.30	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	97
9.31	Damp and salt mist test for marine and coastal environments	97
9.31.1	Test for external metallic parts only	97
9.31.2	Test criteria	98
9.32	Vehicle drive-over	98
9.32.1	General	98
9.32.2	Test at crushing force 5 000 N	98
9.32.3	Test at crushing force 11 000 N	98
9.32.4	Performance after the tests	98
9.33	Low storage temperature test	99
9.34	Vibration and shock test	99
9.35	Verification of insulating parts which keep live parts in position	100
9.36	Verification of the thermal control device	100
Annex A (normative)	Test sequences and number of samples to be submitted for verification of conformity to this document	137
A.1	Verification of conformity	137
A.2	Test sequences	137
A.3	Number of samples to be submitted for full test procedure	139
A.4	Number of samples to be submitted for simplified test procedures in the case of submitting simultaneously a range of IC-CPDs of the same fundamental design	141
Annex B (normative)	Routine tests	143
Annex C (normative)	Determination of clearances and creepage distances	144
C.1	Overview	144
C.2	Orientation and location of a creepage distance	144
C.3	Creepage distances where more than one material is used	144
C.4	Creepage distances split by a floating conductive part	144
C.5	Measurement of creepage distances and clearances	144
Annex D (informative)	Switched-protective conductor application	149
D.1	Explanation of switched-protective conductor (SPE) function and application	149
D.2	Examples of incorrect supply wiring	150
Annex E (informative)	Example of IC-CPD for mode 2 charging	153
Annex F (informative)	Types of IC-CPD according to construction and assembly	154
Annex G (informative)	Methods for determination of short-circuit power factor	155
G.1	Overview	155
G.2	Method I – Determination from DC components	155
G.3	Method II – Determination with pilot generator	156
Bibliography		157
Figure 1	– Test circuit for the verification of operating characteristic (9.7.2)	102
Figure 2	– Verification of correct operation for hazardous live PE (see Table 14 and Table 15)	105
Figure 3	– Verification of temperature rise of the protective conductor	106

Figure 4 – Verification of open neutral for LNSE types, and open line for LLSE types	107
Figure 5 – Verification of a standing current in the protective conductor in normal service	108
Figure 6 – Test circuit for the verification of the making and breaking capacity and the short-circuit coordination with an SCPD (see 9.9.2)	111
Figure 7 – Standard test wire 1,0 mm	111
Figure 8 – Test circuit for the verification of the correct operation in the event of residual pulsating direct currents (see 9.7.3).....	113
Figure 9 – Test circuit for the verification of the correct operation in the event of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current (see 9.7.3.3)	115
Figure 10 – Verification of open protective conductor (see 9.7.6.4)	116
Figure 11 – Arrangement for compression test for verification of protection against electric shock.....	117
Figure 12 – Ball-pressure test apparatus.....	117
Figure 13 – Test circuit for IC-CPD according to 4.1.2 to verify the correct operation in the event of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases	118
Figure 14 – Tests circuit for IC-CPD according to 4.1.3 to verify the correct operation in the event of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases	119
Figure 15 – Apparatus for testing the cord retention.....	120
Figure 16 – Apparatus for flexing test	121
Figure 17 – Arrangement for mechanical strength test on IC-CPDs provided with cords (9.10.4).....	121
Figure 18 – Stabilizing period for reliability test (9.17.1.3).....	122
Figure 19 – Reliability test cycle (9.17.1.3)	123
Figure 20 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.18).....	124
Figure 21 – Current ring wave 0,5 µs/100 kHz	124
Figure 22 – Example of test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping	125
Figure 23 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of voltage (see 9.26.3 a)).....	126
Figure 24 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage (see 9.26.3 a))	127
Figure 25 – Test cycle for low temperature test.....	127
Figure 26 – Test circuit for verification of connection of protective conductor to the EV, according to 9.7.8	128
Figure 27 – Verification of correct operation in the event of smooth DC leakage current, according to 9.7.5	129
Figure 28 – Example of a test circuit for the verification of correct operation in the event of residual sinusoidal alternating currents composed of multi-frequency components	130
Figure 29 – Test circuit for endurance test according to 9.8	131
Figure 30 – The use of the IC-CPD	132
Figure 31 – Informative wave shape of inrush current for tests according to 9.8.2.....	132
Figure 32 – Standard test finger.....	133
Figure 33 – Small parts.....	134

Figure 34 – Test circuit for the verification of the self-test (9.13)	135
Figure 35 – Arrangement for verification of the thermal control device	136
Figure D.1 – Examples of incorrect supply wirings for LLSE types	151
Figure D.2 – Examples of incorrect supply wirings for LNSE types	152
Figure E.1 – Example for IC-CPD showing the different parts and functions	153
Figure F.1 – Example of IC-CPD including function box, cables, plug and connector in accordance with 4.2.2	154
Figure F.2 – Example of modular IC-CPD in accordance with 4.2.3 a)	154
Figure F.3 – Example of modular IC-CPD in accordance with 4.2.3 b)	154
Table 1 – Preferred values of rated current and corresponding preferred values of rated voltages	29
Table 2 – Limit values of break time for AC residual currents at rated frequency	30
Table 3 – Limit values of break time for smooth DC residual currents	31
Table 4 – Limit values of break time for residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two or three phases	31
Table 5 – Standard conditions for operation in service	34
Table 6 – Minimum cross-sectional area of flexible cable or cord	40
Table 7 – Minimum clearances and creepage distances	42
Table 8 – Temperature-rise values	45
Table 9 – List of type tests	51
Table 10 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	57
Table 11 – Tripping current ranges for IC-CPDs in the event of pulsating DC current	62
Table 12 – Different frequency component values of test currents and starting current values ($I\Delta$) for verifying operation in the event of steady increased residual current	64
Table 13 – Operating current ranges for composite residual current	64
Table 14 – Supply failure and hazardous live protective conductor (PE) connections for test with reference to correct supply connections for LNSE/LLSE and LNE/LE types	66
Table 15 – Supply failure and hazardous live protective conductor (PE) connections for test with reference to correct supply connections for LLLNSE and LLLNE types	67
Table 16 – Tests to verify the behaviour of IC-CPDs under overcurrent conditions	73
Table 17 – Minimum values of I^2t and I_p	74
Table 18 – List of tests of resistance to mechanical shock and impact	79
Table 19 – Torque applied to the spanner for the test	80
Table 20 – EMC immunity tests	92
Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions	95
Table 22 – PSD value depending on frequency for vibration testing	99
Table A.1 – Test sequences	138
Table A.2 – Number of samples to be submitted for full test procedure	140
Table A.3 – Reduction of number of samples	142

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**IN-CABLE CONTROL AND PROTECTION DEVICE (IC-CPD) FOR MODE 2
CHARGING OF ELECTRIC ROAD VEHICLES**

FOREWORD

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

IEC 62752 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories, in co-operation with ISO TC 22/SC 37 Electrically propelled vehicles. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2016, and Amendment 1:2018. This edition constitutes a technical revision.

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

- Subclause 8.3.1 revised to add requirements for a mandatory control device that detects the temperature of the current carrying parts in the household plug;
- Test requirements added in a new Subclause 9.36 for the temperature control device;
- Harmonization of EMC requirements with new edition of IEC 61543 and IEC 61851-21-2;
- General improvement of test and requirements.

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

Draft	Report on voting
23E/1342/FDIS	23E/1346/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 proper, in roman type;
- *Test specifications, in italic type;*
- NOTES, in smaller 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, or
- revised.

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

INTRODUCTION

The essential purpose of this document is the safe and reliable access of electric vehicles to a supply system. The definition for "mode 2 charging of electric vehicle" is described in IEC 61851-1.

For all charging modes, protection against electric shock in case of failure of basic protection and/or fault protection is provided, at least by a type A residual current device (RCD) (see IEC 60364-7-722 and IEC 61851-1).

For mode 2 charging, including the situation where it cannot be guaranteed that the installation is equipped with RCDs, for example charging the electric vehicle at an unknown installation, a dedicated protection is used for the connected electric vehicle. The intention of this document is to describe the relevant requirements for an in-cable control and protection device (IC-CPD) to be used for mode 2 charging.

This version of IEC 62752 covers also the content of the former IEC 62335.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

IN-CABLE CONTROL AND PROTECTION DEVICE (IC-CPD) FOR MODE 2 CHARGING OF ELECTRIC ROAD VEHICLES

1 Scope

This International Standard applies to in-cable control and protection devices (IC-CPDs) for mode 2 charging of electric road vehicles, hereafter referred to as "IC-CPD", including control and safety functions.

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.

The IC-CPD according to this document

- provides a control pilot function in accordance with IEC 61851-1:2017, Annex A;
- checks supply conditions and prevents charging in the event of supply faults under specified conditions;
- can have a switched protective conductor.

Residual currents with frequencies different from the rated frequency, DC residual currents and specific environmental situations are considered.

This document is applicable to IC-CPDs performing the safety and control functions as required in IEC 61851-1 for mode 2 charging of electric vehicles.

This document is applicable to IC-CPDs for single-phase circuits not exceeding 250 V or multi-phase circuits not exceeding 480 V, their maximum rated current being 32 A.

This document is applicable to IC-CPDs to be used in AC circuits only, with preferred values of rated frequency 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz. IC-CPDs according to this document are not intended to be used for bidirectional or reverse power transfer, feeding back energy to the system for distribution of electricity.

This document is applicable to IC-CPDs having a rated residual operating current not exceeding 30 mA and which are intended to provide additional protection for the circuit downstream of the IC-CPD as it cannot be guaranteed that the upstream installation is equipped with an RCD rated $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

The IC-CPD consists of:

- a plug for connection to a socket-outlet in the fixed installation;
- one or more subassemblies containing the control and protection features;
- a cable between the plug and the subassemblies (optional);
- a cable between the subassemblies and the vehicle connector (optional);
- a vehicle connector for connection to the electric vehicle.

For plugs for household and similar use the respective requirements of the national standard and specific requirements defined by the national committee of the country where the product is placed on the market apply. If no national requirements exist, IEC 60884-1 applies. For industrial plugs IEC 60309-2 applies. For specific applications and areas non-interchangeable industrial plugs can be used. In this case IEC 60309-1 applies.

Plugs, connectors and cables which are part of the IC-CPD are tested according to relevant product standards.

The switching contacts of the IC-CPD are not intended to provide an isolation function, as isolation can be ensured by disconnecting the plug.

The IC-CPD is not considered to be a protective device for use in fixed installations.

2 Normative references

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

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

IEC 60068-2-5:2018, *Environmental testing – Part 2-5: Tests – Test S: Simulated solar radiation at ground level and guidance for solar radiation testing and weathering*

IEC 60068-2-11, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

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

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

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

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

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 60309-1:2021, *Plugs, fixed or portable socket-outlets and appliance inlets for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60309-2, *Plugs, fixed or portable socket-outlets and appliance inlets for industrial purposes – Part 2: Dimensional compatibility requirements for pin and contact-tube accessories*

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

IEC 60384-14:2023, *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: <https://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

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

IEC 61439-7:2022, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 7: Assemblies for specific applications such as marinas, camping sites, market squares, electric vehicle charging stations*

IEC 61540, *Portable residual current devices (PRCDs) without integral overcurrent protection for household and similar use*

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

IEC 61851-1:2017, *Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements*

IEC 62196 (all parts), *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles*

IEC 62196-1:2022, *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 1: General requirements*

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62368-1:2023, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

IEC 62893-3, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV – Part 3: Cables for AC charging according to modes 1, 2 and 3 of IEC 61851-1 of rated voltages up to and including 450/750 V*

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

ISO 178, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 179 (all parts), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

ISO 2409, *Paints and varnishes – Cross-cut test*

ISO 4628-3, *Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 3: Assessment of degree of rusting*

ISO 4892-2:2013, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc lamps*

ISO 16750-5:2010, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 5: Chemical loads*

ISO 17409:2020, *Electrically propelled road vehicles – Conductive power transfer – Safety requirements*

3 Terms and definitions

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

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

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

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

NOTE 2 Throughout this document, the word "earthing" is used for "protective earthing".

NOTE 3 The term "accessory" is used as a general term covering plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets.

3.1 Terms and definitions relating to plugs and socket-outlets

3.1.1

plug

accessory having pins designed to engage with the contacts of a socket-outlet

Note 1 to entry: A plug allows the manual connection and disconnection of an electrical load to an electrical supply by an ordinary person.

[SOURCE: IEC 60884-1:2022, 3.1, modified – Notes to entry 2 to 4 deleted.]

3.1.2

interconnecting plug

accessory having pins designated to engage with the contacts of an interconnecting socket-outlet and intended to be accessible to the user for the express purpose of interchange of parts of the IC-CPD

3.1.3

socket-outlet

accessory having socket-contacts designed to engage with the pins of a plug

[SOURCE: IEC 60884-1:2022, 3.2, modified – Notes to entry 1 and 2 deleted.]

3.1.4

interconnecting socket-outlet

accessory having contacts designated to engage with the pins of an interconnecting plug and intended to be accessible to the user for the purpose of interchange of parts of the IC-CPD

3.1.5

non-rewirable accessory

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

3.1.6

rewirable accessory by manufacturer

accessory so constructed that the flexible cable can be replaced by the manufacturer only

Note 1 to entry: The accessory is so constructed that it can only be rewired, repaired or replaced by the manufacturer's authorized personnel, its agent or similar qualified person.

3.1.7

vehicle connector

electric vehicle connector

part integral with, or intended to be attached to, one flexible cable

[SOURCE: IEC 62196-1:2022, 3.56]

3.1.8

vehicle inlet

electric vehicle inlet

part incorporated in, or fixed to, the electric vehicle

[SOURCE: IEC 62196-1:2022, 3.57, modified – Note to entry omitted.]

3.1.9

pluggable, adj.

electrical connection which is intended to be plugged or unplugged by the end-user

3.1.10

portable device

device that is capable of being carried by one person and that may be carried within the electric vehicle

3.1.11

adaptor

portable accessory constructed as an integral unit incorporating both a plug portion and a socket-outlet portion

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-03-19, modified – The domain "for accessories" has been omitted, and in the definition, "one or more socket-outlet portions" replaced with "a socket-outlet portion".]

3.1.12

direct plug-in equipment

equipment in which the plug forms an integral part of the function box enclosure

3.2 Terms and definitions relating to terminals

3.2.1

clamping unit

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

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

3.2.2

terminal

conductive part of one pole, composed of one or more clamping unit(s) and insulation if necessary

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.2]

3.2.3

termination

part of an accessory to which a conductor is permanently attached

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-06]

3.2.4

screw-type terminal

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

3.2.5

screwless terminal

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

3.3 Terms and definitions relating to residual current functions

3.3.1 Terms and definitions relating to currents flowing from live parts to earth

3.3.1.1

earth leakage current

current flowing from the live parts of the installation to earth in the absence of an insulation fault

3.3.1.2**pulsating direct current**

current of pulsating waveform which assumes, in each period of the rated power frequency, the value 0 or a value not exceeding 0,006 A DC during one single interval of time, expressed in angular measure, of at least 150°

3.3.1.3**current delay angle** α

time, expressed in angular measure, by which the starting instant of current conduction is delayed by phase control

3.3.1.4**supply failure**

- open neutral;
- open line(s)

Note 1 to entry: See 3.3.3.16 for hazardous live protective conductor.

3.3.1.5**smooth direct current**

direct current which is ripple free

3.3.1.6**composite current**

current which consists of more than one significant sinusoidal frequency

3.3.2 Terms and definitions relating to the energization of the residual current function**3.3.2.1****residual current** I_{Δ}

vector sum of the instantaneous values of the current flowing in the main circuit of the residual current function (expressed as RMS value)

3.3.2.2**residual operating current**

value of residual current which causes the residual current function to operate under specified conditions

3.3.2.3**residual non-operating current**

value of residual current at which and below which the residual current function does not operate under specified conditions

3.3.3 Terms and definitions relating to the operation and to the functions of the IC-CPD**3.3.3.1****residual current function**

function incorporating the means of detection of a residual current, of comparison of its value to the residual current operating value and of opening the protected circuit when the residual current exceeds the residual current operating value

3.3.3.2

IC-CPD

in-cable control and protection device

assembly of linked parts or components including cables, plug and vehicle connector for supplying electric vehicles in charging mode 2, which performs control functions and safety functions

Note 1 to entry: For the use of the IC-CPD, see Figure 30.

Note 2 to entry: See Annex E for example of IC-CPD for mode 2 charging.

3.3.3.3

switching device

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

3.3.3.4

break-time

time which elapses between the instant when the residual operating current is suddenly attained and the instant of arc extinction in all poles of an IC-CPD

3.3.3.5

closed position

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

3.3.3.6

open position

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

3.3.3.7

pole

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

3.3.3.8

main circuit

all conductive parts of an IC-CPD included in the current paths

3.3.3.9

control circuit

circuit (other than a path of the main circuit) intended for the closing operation or the opening operation, or both, of an IC-CPD

Note 1 to entry: See Figure E.1.

3.3.3.10

test device

device incorporated in the IC-CPD simulating the residual current conditions for the operation of the IC-CPD under specified conditions

3.3.3.11

IC-CPD type LNSE/LLSE

LNSE/LLSE type

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

Note 1 to entry: See Annex D for examples.

3.3.3.12**IC-CPD type LLLNSE****LLNSE type**

device with a switched protective conductor that is used on a multiphase supply (L1, L2, L3, N, PE)

Note 1 to entry: A type LLLNSE IC-CPD uses one or more phases of a multiphase supply, e.g., LLNSE.

3.3.3.13**IC-CPD type LNE/LLE****LNE/LLE type**

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

3.3.3.14**IC-CPD type LLLNE****LLLNE type**

device with a non-switched protective conductor that is used on a multiphase supply (L1, L2, L3, N, PE)

Note 1 to entry: A type LLLNE IC-CPD uses one or more phases of a multiphase supply, e.g., LLNE.

3.3.3.15**protective conductor****PE**

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

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-09, modified – Abbreviated term "PE" added, and in the definition, "electrical safety" replaced with "safety" and "for example protection against electric shock" added.]

3.3.3.16**hazardous live protective conductor**

miswiring or fault condition where the protective contact of the socket outlet is live

Note 1 to entry: See 3.3.1.4 for supply failure.

3.3.3.17**control pilot function controller****CPFC**

device in the EV supply equipment and the EV responsible for the control pilot function and the generation of the PWM signal

Note 1 to entry: See Figure E.1.

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.4, modified – Note to entry added.]

3.3.3.18**switching function**

device to switch power and/or protective conductor to the EV to provide charging

Note 1 to entry: See Figure E.1.

3.3.4 Terms and definitions relating to values and ranges of energizing quantities**3.3.4.1****non-operating overcurrent**

maximum value of overcurrent of a single-phase load in the main circuit 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 IC-CPD without causing the IC-CPD to open the circuit

3.3.4.2

residual short-circuit withstand current

maximum value of the residual current for which the operation of the IC-CPD is ensured under specified conditions and above which the device may be damaged

3.3.4.3

prospective current

current that would flow in the circuit, if each main current path of the IC-CPD and of the overcurrent protective device (if any) were replaced by a conductor of negligible impedance

Note 1 to entry: This definition applies also in the same manner as an actual current, for example prospective breaking current, prospective peak current, prospective residual current.

3.3.4.4

making capacity

value of the AC component of a prospective current that an IC-CPD is capable of making at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.3.4.5

breaking capacity

value of the AC component of a prospective current that an IC-CPD is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.3.4.6

residual making and breaking capacity

value of the AC component of a residual prospective current which an IC-CPD can make, carry for its opening time and break under specified conditions of use and behaviour

3.3.4.7

conditional short-circuit current

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

3.3.4.8

conditional residual short-circuit current

value of the AC component of a residual prospective current which an IC-CPD, protected by a suitable SCPD in series, can withstand under specified conditions of use and behaviour

3.3.4.9

U_x

limiting value of the line voltage for an IC-CPD to perform its intended functions as declared by the manufacturer for the IC-CPD

3.3.4.10

I^2t

joule integral

integral of the square of the current, over a given time interval (t_0 , t_1):

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

3.3.4.11

recovery voltage

voltage which appears across the supply connections of an IC-CPD after the breaking of the current

Note 1 to entry: This voltage comprises two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which power-frequency voltage alone exists.

3.3.4.11.1

transient recovery voltage

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

Note 1 to entry: The transient voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit and of the IC-CPD.

3.3.4.11.2

power-frequency recovery voltage

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

3.3.5 Terms and definitions relating to values and ranges of influencing quantities

3.3.5.1

influencing quantity

any quantity likely to modify the specified behaviour of an IC-CPD

3.3.5.2

ambient air temperature

temperature, determined under the prescribed conditions, of the air surrounding the IC-CPD

3.3.6 Terms and definitions relating to conditions of operation

3.3.6.1

operation

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

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

3.3.6.2

closing operation

operation by which the IC-CPD is brought from the open position to the closed position

3.3.6.3

opening operation

operation by which the IC-CPD is brought from the closed position to the open position

3.3.6.4

operating cycle

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

3.3.6.5

sequence of operations

succession of specified operations with specified time intervals

3.3.7 Terms and definitions relating to control functions between electric vehicle and IC-CPD

3.3.7.1

system state

state that indicates different states during the charging process according to IEC 61851-1:2017, Annex A

EXAMPLE Connected, ready to charge, charging.

3.3.7.2

control pilot conductor

insulated conductor incorporated in a cable assembly, which, together with the protective conductor, is part of the control pilot circuit

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.1]

3.3.7.3

control pilot function

function used to monitor and control the interaction between the EV and the function box

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.3, modified – "EV supply equipment" replaced by "function box".]

3.4 Terms and definitions relating to tests

3.4.1

type test

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

3.4.2

routine test

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

3.4.3

self-test

automatically initiated verification of the ability of the IC-CPD to detect a residual current

3.5 Terms and definitions relating to construction

3.5.1

function box

control functions and/or safety functions integrated in appropriate enclosures which are part of the IC-CPD

3.5.2

class I equipment

equipment with basic insulation as provision for basic protection and protective bonding as provision for fault protection

4 Classification

4.1 According to the supply

4.1.1 General

An IC-CPD can be classified to be compatible with more than one supply system.

4.1.2 IC-CPD supplied from one phase and neutral and from two phases (LNSE/LLSE or LNE/LLE)

IC-CPDs according to this classification are supplied from one phase and neutral and from two phases.

4.1.3 IC-CPD supplied from three phases and neutral (LLLNSE or LLLNE)

IC-CPDs according to this classification are supplied from three phase and neutral.

NOTE This classification covers IC-CPDs using one or more phases of a multiphase supply, e.g., LLNSE, LLNE.

4.2 According to the construction

4.2.1 General

An IC-CPD can be classified according to one of the following constructions (see Annex F for types of IC-CPD according to construction and assembly).

4.2.2 IC-CPD including the function box separated from the plug and vehicle connector

Residual current function, switching device and control pilot function integrated into a function box between the plug and the vehicle connector (see Figure F.1).

4.2.3 Modular IC-CPD

A modular IC-CPD can be one of the following constructions:

- a) residual current function and switching device integrated into the plug and control pilot function controller integrated into a separate function box between the plug and the vehicle connector (see Figure F.2);
- b) residual current function and switching device integrated into the plug and control pilot function controller integrated into the vehicle connector (see Figure F.3).

NOTE An additional switching device in series related to the control pilot function can be placed outside the plug portion.

4.3 According to the method of connecting the cable(s)

4.3.1 General

Cables in-between different components of the IC-CPD can be connected to these components by different methods. If in one cord set different connection methods are used the IC-CPD shall be classified according to all methods used and the different parts shall be declared separately.

4.3.2 Non-rewirable IC-CPDs

The IC-CPD or the declared part is provided as a fully functional cord set including all components. Cables in-between plug, in-cable housing (if any) and vehicle connectors are not intended to be replaced or exchanged by the user or others after connection and assembly by the manufacturer.

4.3.3 IC-CPDs wired by the manufacturer

Access to connections of the IC-CPD or to declared parts for the purposes of replacement shall be by use of a special tool only.

The IC-CPD is provided as a fully functional cord set or alternatively only the unit(s) containing the residual current function and the control pilot function are provided (see 3.1.6).

4.3.4 Pluggable IC-CPD

The IC-CPD or the declared part includes at least one interconnecting plug and interconnecting socket-outlet combination.

4.4 Classification according to the protective conductor path

4.4.1 General

An IC-CPD can be classified to have a switched or a non-switched protective conductor.

4.4.2 IC-CPDs with switched protective conductor

This classification covers IC-CPDs which have a switched protective conductor.

4.4.3 IC-CPDs with non-switched protective conductor

This classification covers IC-CPDs which have a non-switched protective conductor.

4.5 Classification according to the verification of availability of the upstream protective conductor

4.5.1 General

An IC-CPD can be classified according to its behaviour related to the availability of the upstream protective conductor.

4.5.2 IC-CPD with verification of the availability of the upstream protective conductor

An IC-CPD classified under this Subclause 4.5.2 is able to detect the presence and continuity of the protective conductor upstream of the socket-outlet. In IT-systems it may be the case that these devices cannot be used, as if they are used, the protective conductor verification will not be successful.

An IC-CPD classified according to 4.5.2 can have a function to deactivate the verification check of the availability of the upstream protective conductor. After plugging into a socket outlet, it shall be indicated for at least 30 s by a visual or audible signal that the detection function is deactivated. If the detection function is deactivated after plugging in, this shall be indicated in the same manner.

4.5.3 IC-CPD without verification of the availability of the upstream protective conductor

IC-CPD not detecting the presence and continuity of the protective conductor upstream of the socket-outlet. These devices are also suitable for use in IT-systems.

4.6 Classification according to the usage

4.6.1 IC-CPD for portable use

IC-CPD that can be used as a portable device.

4.6.2 IC-CPD for wall mounting

IC-CPD designed to be used only when hung in the intended operating position. Such devices can be easily removed from their hanging location.

NOTE This classification includes all positions in a height giving the same degree of protection as wall mounting, for example mounted on ceiling, pillars, etc.

4.6.3 IC-CPD for portable use and for wall mounting

IC-CPD that can be used both as a portable device and when hung in the intended operating position. Such devices can be easily removed from their hanging location.

5 Characteristics of IC-CPDs

5.1 Summary of characteristics

IC-CPDs are provided with switching contacts for line(s) and neutral, if applicable. IC-CPDs according to 4.4.2 are provided with a switching contact for the protective conductor.

IC-CPDs have a defined residual current operation function. This function provides protection against electric shock for the connected electric vehicle in case of failure of basic protection and/or fault protection in accordance with IEC 61851-1.

The residual current function of the IC-CPD shall be ensured:

- for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents;
- for a residual pulsating direct current superimposed on a smooth DC residual current up to 6 mA;
- for composite residual currents intended for circuits supplied between phase and neutral;
- with or without phase angle control, independent of polarity, whether suddenly applied or slowly rising.

In addition, IC-CPDs shall have a defined behaviour in case of supply failures or miswiring according to 9.7.6.

In addition, the IC-CPD:

- checks by means of the control pilot circuit/function electrical continuity of the protective conductor between the IC-CPD and the EV,
- trips if the DC residual current exceeds 6 mA,
- verifies that the electric vehicle is properly connected,

NOTE Proper connection is assumed when the continuity of the control pilot circuit is detected.

- switches on or off in response to the states according to IEC 61851-1:2017, Annex A.

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltages

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_e)

The value of voltage or the voltage range, assigned by the manufacturer, to which the performance of the IC-CPD is referred.

NOTE The same IC-CPD can be assigned to more than one rated voltage.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances of the IC-CPD are referred.

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

5.2.2 Rated current (I_n)

The value of current, assigned to the IC-CPD by the manufacturer, which the IC-CPD can carry under permanent load conditions.

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

The value of residual operating current (see 3.3.2.2), assigned to the IC-CPD by the manufacturer, at which the IC-CPD shall operate under specified conditions.

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

The value of residual non-operating current (see 3.3.2.3), assigned to the IC-CPD by the manufacturer, at which the IC-CPD does not operate under specified conditions.

5.2.5 Rated frequency

The power frequency for which the IC-CPD is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

The same IC-CPD may be assigned to 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 (see 3.3.4.3), assigned by the manufacturer, which an IC-CPD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.9.2.2.

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

The RMS value of the AC component of residual prospective current (see 3.3.2.1 and 3.3.4.3), assigned by the manufacturer, which an IC-CPD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.9.2.3.

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

The operating characteristics of an IC-CPD are such that tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, residual pulsating direct currents and smooth residual direct currents exceeding 6 mA, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.9 Insulation coordination including creepage distances and clearances

Creepage and clearance distances are given in 8.4.3.

5.2.10 Coordination with short-circuit protection devices (SCPDs)

5.2.10.1 General

Coordination between IC-CPDs and SCPDs shall be verified under the general conditions of 9.9.2.1, by means of the tests described in 9.9.2.4 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 $I_{\Delta c}$.

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

The RMS value of prospective current, assigned by the manufacturer, which an IC-CPD protected by an SCPD can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions. The conditions are those specified in 9.9.2.4 a).

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

The value of residual prospective current, assigned by the manufacturer, which an IC-CPD, protected by an SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing damage. The conditions are those specified in 9.9.2.4 c).

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated operational voltage (U_e)

Preferred values of rated voltage are 120 V, 230 V, 400 V and 480 V.

Wherever in this document there is a reference to "230 V", it may be read as "220 V" or "240 V". Whenever in this document there is a reference to "400 V", it may be read as "380 V" or "415 V".

Wherever in this document there is a reference to "120 V" or "120/240 V" or "240 V", they may be read as "100 V" or "100/200 V" or "200 V", respectively.

Wherever in this document there is a reference to "240 V three phases", it may be read as "100 V" or "120/208 V".

The rated operational voltage of the IC-CPD shall not be higher than the rated voltage of the plug.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

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

Table 1 – Preferred values of rated current and corresponding preferred values of rated voltages

Type	Rated voltage V	Rated current A
Three-phase systems	480 ^a	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 24, 30, 32
	400	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 25, 32
	240	15, 20, 30
Single- and two-phase systems	230	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 25, 30, 32
	120	6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 30, 32.
^a Only for mid-point or star-point earthed systems with voltage to earth 240 V or 277 V, as applicable.		

If the IC-CPD supports simplified control pilot circuit the rated current shall be 10 A or higher.

NOTE In some countries, the simplified control pilot circuit is not allowed: US

The rated current of an IC-CPD classified according to 4.3.2 or 4.3.3 shall not exceed the rated current of the plug.

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

Standard values of rated residual operating current are:

0,006 A – 0,01 A – 0,015 A – 0,02 A – 0,03 A.

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

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

If for IC-CPD according to 4.4.2 the protective conductor is passed with more turns than the live conductors through the current transformer on a $I_{\Delta n} = 30$ mA device this value may be reduced to $0,25 I_{\Delta n}$.

5.3.5 Standard minimum value of the non-operating overcurrent through the IC-CPD

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

5.3.6 Preferred values of rated frequency

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

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 100 A.

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 100 A.

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 Limit values of break time

The limit values of break time are given in Table 2 for AC residual currents, in Table 3 for smooth DC residual currents and in Table 4 for residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two or three phases.

Table 2 – Limit values of break time for AC residual currents at rated frequency

Limit values of break time at a residual current (I_{Δ}) equal to			
s			
$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A ^a
0,3	0,15	0,04	0,04
The maximum value of the test current should not exceed I_m .			
NOTE For operation with residual currents having a DC component, see 9.7.3.			
^a The tests at 5 A, 10 A, 20 A, 50 A and 100 A are only made during the verification of the correct operation as mentioned in 9.7.2.5.			

Table 3 – Limit values of break time for smooth DC residual currents

Limit values of break time at a DC residual current equal to		
s		
6 mA	60 mA	300 mA
10,0	0,3	0,04

Table 4 – Limit values of break time for residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two or three phases

Limit values of break time at a residual pulsating direct current (I_{Δ}) equal to			
s			
$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$	5 A, 10 A, 20 A, 50 A
0,3	0,15	0,04	0,04

6 Marking and other product information

6.1 Data to be marked on the IC-CPD

The IC-CPD shall be marked in a durable manner with the following data:

- a) the manufacturer's or distributor's name or trademark;
- b) type designation or catalogue number;
- c) rated voltage;
- d) rated frequency, if the IC-CPD is designed for frequencies other than 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz (see 5.3.6);
- e) rated current;
- f) rated residual operating current;
- g) degree of protection. The IP degree is applicable to the function box only;
- h) the marking with the name of the product: IC-CPD;
- j) IC-CPD suitable for use at a lower temperature of -25°C (see 9.7.2.8) shall be marked with , if applicable. If a lower value than -25°C is declared by the manufacturer, the declared value shall be a multiple of 5°C ; the symbol shall indicate this value;
- k) for IC-CPD according to 4.5.2, a statement that it is possible that the IC-CPD will not operate if used on IT or other unearthed systems such as an isolated winding generator or isolating transformer.

Marking with the following symbol:  IEC 60417-6293 (2015-05);

A statement is not needed for an IC-CPD according to 4.5.2 with a function to deactivate the verification check of the availability of the upstream protective conductor.

This information may be on a durable label attached to the cord.

- l) value of the residual non-operating current $I_{\Delta no}$, if different from $0,5 I_{\Delta n}$;
- m) indication according to the design of the protective conductor path as follows:

- classified according to 4.4.2 with marking  IEC 60417-6289 (2015-03);

- classified according to 4.4.3 with marking:  IEC 60417-6290 (2015-03);
 - The symbol may be integrated in a wiring diagram;
- n) additional information about technical data at higher altitudes, if applicable;
- o) the maximum charging current of the IC-CPD, if lower than the rated current.

For the marking of rated current and rated voltage marking, 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 voltage, separated by a horizontal line.

The marking for the nature of supply shall be placed next to the marking for rated current and rated 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	~ IEC 60417-5032 (2002-10)
neutral	N
protective earth; protective ground	 IEC 60417-5019 (2006-08)

For details of the symbols for AC and protective conductor, see IEC 60417.

The markings a), b), c), d), e), f), g), h), j), k), l), m) and o) shall be on the enclosure of the function box itself or on a nameplate or nameplates attached to the IC-CPD and shall be located so that they are visible and legible when the IC-CPD is assembled as for normal use.

Information under item k) shall also be given in the instruction sheet. This information may be given within the car manual.

Information under item n) shall be given in the instruction sheet.

Operating and indication means shall be marked in accordance with the operating instructions.

Terminals, except for IC-CPDs according to 4.3.2, shall be marked as necessary with indication "L", "N" and the symbol for protective earth; protective ground  IEC 60417-5019 (2006-08).

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 or by arrows indicating the direction of power flow).

In addition, screwless terminals of devices according to 4.3.3 shall be marked with an appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before the insertion of the conductor into the screwless terminal.

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 to the end-user

The information to be provided to the end-user is:

- a) information for the user about the automatic process of verification for the self-test;
- b) information that the device shall not be used if it fails to operate correctly in accordance with the instructions and to seek advice from the manufacturer, responsible vendor or an electrician;
- c) information warning against storage or use beyond the service conditions given in Table 5 and against misuse such as dropping, immersion, etc.;
- d) information instructing the user that the IC-CPD shall be plugged in without the use of an adaptor except if the adaptor is part of the IC-CPD and meets the requirements of a pluggable IC-CPD;
- e) information instructing the user that the IC-CPD shall be plugged in directly into the fixed socket-outlet without the use of a cord extension set;
- f) information about the detected failures and the related indications given by the product itself in the event of failure;
- g) information that the components of a pluggable IC-CPD shall not be connected or disconnected while the IC-CPD is in use (plug is engaged in a socket-outlet or the vehicle connector is engaged in a vehicle inlet);
- h) a list of instructions about how to connect the IC-CPD to the socket-outlet and to the car, and how to store it properly. This includes the information to the user that it is recommended for the electrical installation intended for electric vehicle (EV) charging to be checked by an electrical installer;
- i) information about which components of a pluggable IC-CPD are allowed to be used in combination.

NOTE ISO/IEC Guide 37 provides information on user instructions.

Compliance is checked by inspection.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

IC-CPDs complying with this document shall be capable of operating under the standard conditions shown in Table 5.

Table 5 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ^e
Ambient temperature ^{a, f, h}	–25 °C to +40 °C ^b	23 °C	±5 °C
Altitude	Up to 2 000 m ^g		
Relative humidity (maximum value at 40 °C)	75 % ^c		
External magnetic field	Not exceeding five times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	^d
Frequency	Reference value ±5 %	Rated value	±2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
^a The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. ^b Values outside this range are admissible. The declared values shall be a multiple of 5 °C. ^c Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C). ^d IC-CPDs should not be used in the proximity of a strong magnetic field. If the IC-CPD is used in proximity of a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. ^e The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test. ^f Extreme limits of –40 °C and 85 °C, for IC-CPDs are admissible during storage and transportation. ^g For higher altitudes it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and the cooling effect of the air. Therefore, the increased clearances and creepage distances according to Table 7 shall be considered and the manufacturer shall provide additional information about technical data for use at higher altitudes. ^h If the IC-CPD is equipped with a plug according to a standard with a lower standard maximum temperature or a higher standard minimum value, then this temperature is applicable for the whole IC-CPD. For plugs according to IEC 60884-1 the maximum temperature is 35 °C, the minimum temperature is –5 °C. Domestic plugs intended to be used in ambient temperatures below –5 °C down to and including –45 °C are covered by Annex G of IEC 60884-1:2022. For plugs according to IEC 60309-1 the upper temperature is 40 °C the minimum temperature is –25 °C unless higher performances are stated by the manufacturer.			

7.2 Conditions for installations

IC-CPDs shall be used in accordance with their instructions.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

IC-CPDs shall be so designed and constructed that in normal use their performance is reliable and the risk of danger to the user or surroundings, even in the case of miswiring conditions as defined in this document, is minimised.

For devices according to 4.3.2 (non-rewirable) and 4.3.4 (pluggable), it shall be verified that it is not possible to change the wiring of the device without leaving permanent and visible damage.

For devices according to 4.3.3, it shall be verified that the user cannot tamper with the IC-CPD without leaving permanent and visible evidence.

Pluggable IC-CPDs according to 4.3.4 shall be provided with a retaining means which holds accessories in position when properly engaged and prevents their unintentional withdrawal.

Pluggable IC-CPDs according to 4.3.4 shall not be operational without engaged retaining means of interconnecting plug and socket-outlet combination.

The IC-CPD shall not be functional until all mandatory functions are properly connected.

The IC-CPD, without considering plugs and vehicle connector, shall have a minimum degree of protection of IPXXD according to IEC 60529 after assembly as for normal use.

Interconnecting plugs and interconnecting socket-outlets of pluggable IC-CPDs according to 4.3.4 shall have a minimum degree of protection of IPXXB according to IEC 60529 before being connected to each other.

NOTE 1 In Norway, interconnecting plugs and interconnecting socket-outlets of pluggable IC-CPDs according to 4.3.4 shall have degree of protection of IP67 according to IEC 60529 when being connected to each other.

A maximum length of cord of 1,7 m is allowed between the plug and the function box.

If the function box(es) is (are) located more than 0,3 m away from the plug, the function box(es) shall have drive-over capability as defined in 9.32.

It is recommended that the cable length between the function box and the plug is at least 250 mm, to allow users to plug the IC-CPD into publicly accessible socket outlets protected by covers (e.g. flap, lid).

NOTE 2 Annex E of IEC 61851-1:2017 provides recommendations for space dimensions to be left around socket-outlets used for EV energy supply.

If an interconnecting plug and interconnecting socket outlet combination of a pluggable IC-CPD according to 4.3.4 is located more than 0,3 m away from the plug, that combination shall have drive-over capability in mated condition as defined in 9.32.

For IC-CPDs the protective conductor shall be coloured green and yellow.

There shall be no provision to alter the residual operating characteristics of IC-CPDs.

The plugs of the IC-CPDs shall be mechanically and electrically compatible with the socket outlet system in which they are intended to be used. The requirements of the national standard can apply. If no national requirements exist, the requirements of IEC 60884-1 shall apply for plugs for household and similar use and the IEC 60309 series shall apply for industrial plugs.

Live pins of plugs shall be of solid metal construction or a folded-over metal blade construction.

For specific applications and areas, non-interchangeable industrial plugs may be used in conjunction with the IEC 60309 series.

Where reference is made to vehicle connectors, the IEC 62196 series applies.

Compliance is checked by inspection and by tests.

8.2 Pluggable electrical connections of pluggable IC-CPDs according to 4.3.4

8.2.1 General

Connections of an IC-CPD shall be designed in such a way that only accessories fulfilling the requirements of 8.2 can be connected. Interconnecting plugs and interconnecting socket-outlets shall not be intermateable in any other way than as declared by the manufacturer. Pluggable connections in accordance with this document shall not mate with systems specified in standard sheets, for example in the standard sheets of IEC 60309 (all parts), IEC 60320 (all parts),

IEC 60906 (all parts), or with the national household plug and socket-outlet systems of the country where the product is placed on the market.

NOTE Standardized values and configurations of existing systems of plugs and socket-outlets are reported in IEC/TR 60083.

If components of an IC-CPD with different rated currents are intermateable, an automatic means which the end-user cannot influence shall be provided to limit the maximum current given by the control pilot signal of the IC-CPD to the lowest rated current of any of the components.

The connection shall meet the requirements in Clause 22 of IEC 60309-1:2021 at the minimum level of engagement of each contact specified by the manufacturer for its use at nominal current.

For pluggable electrical connections which are intended to be plugged or unplugged, replacement, fitting or exchange of components of the IC-CPD assembly shall be in accordance with the relevant requirements of IEC 60309-1 as follows:

- accessories shall provide an earthing contact and shall comply with relevant requirements and tests related to the classification 6.3 of IEC 60309-1:2021.
- non-rewirable plugs and connectors shall comply with requirements and tests related to the classification 6.4 of IEC 60309-1:2021.
- accessories shall provide a minimum of IPXXB and shall comply with requirements and tests for socket-outlets and connectors classified according to 6.8 of IEC 60309-1:2021.
- the retaining means may be rendered ineffective before the test, if agreed upon by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of the relevant clauses provided for each classification.

IC-CPDs shall be constructed so that in normal use, when plug pins are touched, there is no risk of electric shock from charged capacitors that result in a capacitance equal to or greater than 0,1 μ F across any two pins. Compliance is checked by the following test. The IC-CPD is supplied at rated voltage. The IC-CPD is disconnected from the supply mains at the instant of voltage peak. One second after disconnection, the voltage between the pins of the plug is measured with an instrument having an input impedance consisting of a resistance of 100 M Ω $\pm$ 5 M Ω in parallel with an input capacitance of 25 pF or less. The voltage shall not exceed 60 V.

8.2.2 Degree of protection of pluggable electrical connection against solid foreign objects and against water for pluggable IC-CPD

All accessories shall provide for IP55 in the mated position.

All accessories shall provide for IP24 minimum in the unmated position.

8.2.3 Breaking capacity of pluggable electrical connection for pluggable IC-CPD

The breaking capacity shall be tested according to Clause 20 of IEC 60309-1:2021.

The on-load tests shall be conducted according to Clause 21 of IEC 60309-1:2021.

The number of off-load tests according to Clause 21 of IEC 60309-1:2021 shall be determined by the rated current and the corresponding number of cycles given in Table 10 of IEC 60309-1:2021.

8.3 Construction

8.3.1 General

Suspension means of the IC-CPD, if any, shall be tested according to 24.12 of IEC 60884-1:2022.

It shall not be possible to disassemble an IC-CPD classified according to 4.3.2.

Parts of the assembly classified according to 4.3.3 shall be securely assembled and it shall not be possible to disassemble them without the aid of a special tool.

Except for the pluggable connections of IC-CPDs classified according to 4.3.4, it shall not be possible to disassemble the IC-CPD without the aid of a special tool.

The control pilot function controller shall not be able to close the switching device in the event of:

- single fault inside the control pilot function controller, or
- single fault of the control circuit of the switching device, or
- after residual current fault without a reset of the IC-CPD.

Under single fault conditions of the control pilot function (PWM), no critical overload situation shall appear.

Compliance is checked by fault analysis provided by the manufacturer (e.g. FMEA).

If the IC-CPD is fitted with a household plug, the IC-CPD shall be equipped with a control device that detects the temperature of the current carrying parts in the plug.

If the temperature of the current carrying parts in the plug reaches 70 °C, the IC-CPD shall switch off within 10 s.

The current carrying parts in the plug shall not exceed 70 °C.

NOTE 1 New charging sequences can be initiated by disconnecting and connecting the plug of the IC-CPD again. There are other options to initiate a new charging sequence, which are not covered by this note.

The temperature sensors shall be selected according to the expected accuracy and foreseeable temperature range for the measurement and shall be placed in the relevant location in the plug for a proper measurement of the temperature of the current carrying parts.

NOTE 2 In France, according to the Decree n°2021-546 of 4th May 2021, the charging current is limited to 8 A by the EV supply equipment or to the declared rating when using dedicated plugs and socket-outlets for EV charging according to NF C61-314.

NOTE 3 In the UK and in IE a control device for monitoring the plug temperature is not required. In the UK and in IE the maximum charging current shall be 13 A. Plugs shall comply with BS 1363-1, classified as suitable for EV charging and marked BS 1363-1/EV.

NOTE 4 In Austria, an IC-CPD equipped with a household plug according to OVE E 8684-1 with a rated current of 16 A can carry a permanent load of 10 A maximum.

NOTE 5 In Germany, if the IC-CPD is equipped with a household plug according to DIN VDE 0620-2-1:2021, the permanent charging current shall be limited to ≤ 10 A

NOTE 6 In Denmark, for IC-CPDs supplied with a plug for household and similar use, repeated continuous loads of long duration, shall be limited to 6 A.

NOTE 7 In Denmark, the requirements in this document cannot replace or change any part of the Danish National requirements for plugs for household and similar use according to DS 60884-2-D1.

NOTE 8 In Italy, the use of IEC 60309-2 accessories is recommended for Mode 2 connections for more than 10 A.

NOTE 9 In Norway, if the IC-CPD is equipped with a household plug according to NEK 502 (valid edition), the permanent charging current shall be limited to ≤ 10 A.

In the event of failure of the thermal control device the charging shall stop or not be possible.

Compliance is checked by the tests of 9.36.

Plugs of IC-CPD shall be non-rewirable.

Vehicle connectors and the connection to their cables shall be non-rewirable or rewirable by the manufacturer. The connection between a vehicle connector and its cable shall not be pluggable.

Compliance is checked by inspection.

8.3.2 Terminations of IC-CPDs

Terminations of IC-CPDs shall be so located or protected that they cannot create a dangerous situation.

Compliance is checked by the test of 9.4.

8.3.3 Enclosure of IC-CPDs according to 4.3.3

The enclosure of IC-CPDs according to 4.3.3 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 such 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.

8.3.4 Terminal screws or nuts of IC-CPDs according to 4.3.3

The IC-CPD 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.

8.3.5 Strain on the conductors of IC-CPDs according to 4.3.3

IC-CPDs according to 4.3.3 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 such that, in case of excessive stresses, the earthing conductor will break after the live conductors. Control pilot conductor or similar conductors are not considered as live conductors.

Compliance is checked by the test of 9.21.

8.3.6 Additional requirements for IC-CPDs according to 4.3.3

For IC-CPDs according to 4.3.3 the following additional requirements apply:

- it shall be clear how the strain relief 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;
- 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, if any, including clamping screws, shall be insulated from the earthing circuit.

Compliance is checked by inspecting the construction and documents provided by the manufacturer.

8.3.7 Insulating parts which retain live parts in position

Insulating parts inside the IC-CPD which retain live parts in position shall be reliably fixed.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.35.

8.3.8 Screws for IC-CPD according to 4.3.3

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.

8.3.9 Means for suspension from a wall or other mounting surfaces

An IC-CPD with means for suspension shall fulfil the requirements for protection against electric shock according to 8.5 in the mounted and in the unmounted position.

Compliance is checked by inspection.

8.3.10 Plug as an integral part of direct plug-in equipment

The direct plug-in equipment shall not cause overheating of the pins.

Compliance is checked by the tests of 9.6.

The direct plug-in equipment in accordance with 4.2.3 shall not impose undue strain on fixed socket-outlets.

For an IC-CPD with a plug for household and similar use compliance is checked by the test of 9.22.

8.3.11 Flexible cables and cords and their connection

8.3.11.1 Cord anchorage

Any part of IC-CPD according to 4.3.3 and 4.3.4, if relevant, 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 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 9.23.

8.3.11.2 Minimum cross-sectional area of flexible cable or cords

IC-CPDs shall be provided with a flexible copper cable providing equivalent protection against electric shock as class II complying with the IEC 60227 series, or IEC 60245 series or IEC 62893-3, as applicable.

NOTE EN 50620:2017 and EN 50620:2017/A1:2019 have similar characteristics to IEC 62893-3.

The minimum cross-sectional areas of the load conductors and the protective earth conductor are given in Table 6 in relation to the current limit given by the control pilot signal.

Table 6 – Minimum cross-sectional area of flexible cable or cord

Current limit given by control pilot signal	Minimum cross-section mm ²	American Wire Gauge (AWG) Ø
≤ 13 A	1,5	16
13 A < I ≤ 20 A	2,5	14
20 A < I ≤ 32 A	6	10

The control pilot wire shall have a minimum cross-section of 0,5 mm²/AWG20.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by checking that the flexible cables or cords are in accordance with the IEC 60227 series, IEC 60245 series or IEC 62893-3, as applicable.

8.3.11.3 Bending

Parts of IC-CPDs 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.

NOTE Helical metal springs, whether bare or covered with insulating material are not suitable to be used as cord guards.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.24.

8.4 Electrical performance

8.4.1 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 9.6.2, the residual short-circuit test of 9.9.2.3 and the conditional short-circuit test of 9.9.2.4 c).

8.4.2 Contact mechanism

Each line conductor and the neutral conductor, if any, of the IC-CPD shall be provided with switching contacts. For IC-CPDs according to 4.4.2 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 may be possible to switch off the IC-CPD when energized as in normal use. A test device may be used for that purpose.

The IC-CPD 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.

A test device may be provided.

An automatic verification shall ensure detection of unintended closed contacts.

The IC-CPD shall have an indicator showing the status of the contacts and give a clear indication or response in the 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.

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 9.7.

8.4.3 Clearances and creepage distances (see Annex C)

Clearances and creepage distances shall not be less than the values shown in Table 7, when the IC-CPD is mounted as in normal use. The values in Table 7 are based on the IC-CPD being designed for operating in an environment with pollution degree 2 and overvoltage category II.

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 7 is checked by measurement or by the test of 9.5.5.3.1 and 9.5.5.3.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.5.1.

- tests according to 9.5.2,
- test according to 9.5.5.2, applied with the test voltages given in Table 10 and with the test arrangements of 9.5.2 items b), c), d), e).

Double insulation or reinforced insulation shall be provided 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.

All measurements required in this Subclause 8.4.3 shall be carried out in Test sequence A on one sample and the tests of 9.5.5.2 shall be carried out before the tests of 9.5.1 on three samples of Test sequence B.

Plugs for household and similar purposes shall comply with the relevant national standard. In the absence of national standards IEC 60884-1 applies.

The verification of clearances and creepage distances on printed circuit boards for electronic circuits connected between live conductors (phases and neutral) and/or between live conductors and the earth circuit is made by the tests of 9.26.

able surfaces of operating means, s or other means for fixing covers which may be removed when connector, sible metal parts.

ce is checked by the test of 9.5.5.2. The test voltage shall be multiplied by 1

irements required in this Subclause 8.4.3 shall be carried out in Test sequence and the tests of 9.5.5.2 shall be carried out before the tests of 9.5.1 of Test sequence B.

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

household and similar purposes shall comply with the relevant national standards of national standards IEC 60884-1 applies.

ustrial plugs, the IEC 60309 series applies. For vehicle connectors, IEC 626-2 applies.

cation of clearances and creepage distances on printed circuit boards for connected between live conductors (phases and neutral) and/or between s and the earth circuit is made by the tests of 9.26.

Table 7 – Minimum clearances and creepage distances

Minimum clearances ^g mm	Minimum creepage distances ^c mm		
	Group III d	Group II	Group I

Minimum clearances ^g mm					Minimum creepage distances ^c mm											
					Group IIIa ^d (175 V ≤ CTI < 400 V) ^b				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^b				Group I (600 V ≤ CTI) ^b			
Item/ Description	Rated voltage V ^e				Working voltage V											
	U _{imp} 1,5 kV	U _{imp} 2,5 kV														
	120	250	230/ 400	480 ^h	120	250	400	480	120	250	400	480	120	250	400	480
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	4,0	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
2. Between live parts of different polarity	0,5	1,5			1,5	2,5	4,0	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
3. Void																

	Minimum clearances ^g mm				Minimum creepage distances ^c mm											
					Group IIIa ^d (175 V ≤ CTI < 400 V) ^b				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^b				Group I (600 V ≤ CTI) ^b			
Item/ Description	Rated voltage V ^e				Working voltage V											
	U_{imp} 1,5 kV	U_{imp} 2,5 kV														
	120	250	230/ 400	480 ^h	120	250	400	480	120	250	400	480	120	250	400	480
4. Basic insulation: Between live parts of the IC- CPD and PE	0,5	1,5			1,5	2,5	4	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
5. IC-CPD 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 ^f - SELV and PELV circuits of the PCB (e.g. CP circuit) ^j	1,5	3			3	5	8	10	2,1	3,6	5,6	7,2	1,5	3	4	5

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 IC-CPD 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, refer to 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 9.4 (see Figure 7).

^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.

^h The application refers only to a 2P/3W with 480 V (line to neutral < 300 V). Table 7 is applicable for grounded power systems only.

^j For extra low voltage values (SELV or PELV) see IEC 61140.

8.5 Protection against electric shock

8.5.1 General

IC-CPDs shall be so designed that, when they are used according to the manufacturers' instructions, live parts are not accessible.

External parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the IC-CPD 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.

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.

Accessible parts of operating means shall be made of insulating material.

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 8.5.1.

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

8.5.2 Requirements relating to plugs, whether incorporated or not in integral items

For plugs for household and similar use this is covered by the requirements of national standards. In the absence of national standards IEC 60884-1 applies.

For industrial plugs, the IEC 60309 series applies.

8.5.3 Degree of protection of the function box

The degree of protection of the parts of the function box after assembly as for normal use shall not be less than IP55. This also applies when connections between the function box and other components of a pluggable IC-CPD are mated.

This requirement does not apply to the plug inserted in a standard socket outlet.

The relevant tests of IEC 60529 apply.

The test conditions for the function box regarding the first and second IP number according to IEC 60529 apply as follows:

- the samples shall be tested in different positions chosen at random, if applicable;
- the samples are not connected to supply voltage;
- the dust test is performed in an enclosure of category 2.

In addition to the IP requirement, the function box for IC-CPD according to 4.6.1, 4.6.2 and 4.6.3 shall be submitted to the test procedure according to 14.2.7 of IEC 60529:1989 with the upper part of the function box placed 5 cm under water.

After the test under the conditions of tests specified in 9.7.2.4, the IC-CPD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$ and shall not trip with a current of $I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break-time.

8.5.4 Requirements relating to vehicle connectors

For vehicle connectors, the IEC 62196 series applies.

8.6 Dielectric properties

IC-CPDs shall have adequate dielectric properties.

Compliance is checked by the tests of 9.5.

8.7 Temperature rise

The temperature-rise of the parts of an IC-CPD shall not exceed the values given in Table 8. For individual components, the temperature rise shall comply with the requirements of the relevant product standard or with the instructions of the component manufacturer.

The IC-CPD shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Compliance is checked by measurement under the condition specified in 9.6.

Table 8 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b, c}	Temperature rise ^d K
Terminations or terminals for external connections	50
Parts likely to be touched made of metallic non-metallic	30 50
^a No value is specified for the contacts of the switching device, since the design of most IC-CPDs 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 9.17.2 is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature rises in service. ^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the IC-CPD shall not be impaired. ^c For plugs, connectors and cables the relevant values of the individual product standards apply. ^d Values derived from touch times of 4 s, taken from IEC Guide 117.	

8.8 Operating characteristics

8.8.1 General

The operating characteristic of IC-CPDs shall comply with the requirements of 9.7.

8.8.2 Safe connection operating characteristics

It shall be verified that the protective conductor, on the load side, is connected to the vehicle.

Compliance with this requirement is checked by the test of 9.7.8.

The IC-CPD shall comply with the additional requirements of 5.1 for supply failures defined in 3.3.1.4, and hazardous live protective conductor conditions defined in 3.3.3.16 (see 8.22). The hazardous live protective conductor conditions apply only to IC-CPD classified according to 4.4.2.

8.8.3 Operating characteristics with AC residual currents and residual currents having a DC component

The break times for the IC-CPD shall be according to Table 2 in the presence of AC residual currents at rated frequency with and without a DC component.

The correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by smooth direct currents, shall also be verified.

The IC-CPD shall also detect and break composite residual currents.

Compliance is checked by the tests of 9.7.2, 9.7.3 and 9.7.4.

8.8.4 Operating characteristics with smooth DC residual current

The IC-CPD shall verify that smooth DC residual currents do not exceed the value of 6 mA and, where exceeded, ensures the break times according to Table 3.

Compliance is checked by the tests of 9.7.5.

8.8.5 Behaviour of the IC-CPD after a residual current operation

After operation due to a residual current, a re-closure without a user interaction shall not be possible.

The user interaction shall initiate a self-test before charging.

Compliance is checked by the tests of 9.13.

8.8.6 Residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases

IC-CPDs operating on two-phase supply (according to 4.1.2) shall operate in response to a steady increase of residual pulsating direct current resulting from rectifying circuits within the limits of 3,5 mA and 7 mA.

Compliance is checked by the tests of 9.7.10 a).

IC-CPDs operating on two-phase supply shall operate in response to a sudden appearance of residual pulsating direct current resulting from rectifying circuits according to the limits specified in Table 4.

Compliance is checked by the tests of 9.7.10 b).

8.8.7 Residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases

IC-CPDs according to 4.1.3 shall operate in response to a steady increase of residual pulsating direct current resulting from rectifying circuits within the limits of 3,1 mA and 6,2 mA.

Compliance is checked by the tests of 9.7.11 a).

IC-CPDs according to 4.1.3 shall operate in response to a sudden appearance of residual pulsating direct current resulting from rectifying circuits according to the limits specified in Table 4.

Compliance is checked by the tests of 9.7.11 b).

8.9 Mechanical and electrical endurance

IC-CPDs shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

The IC-CPD shall withstand an inrush current representing a typical charger of an electric vehicle.

NOTE The requirement for the inrush current of an electric vehicle is based on ISO 17409.

Compliance is checked by the tests of 9.8.1 and 9.8.2.

8.10 Performance at short-circuit currents

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

Compliance is checked by the tests of 9.9.

8.11 Resistance to mechanical shock and impact

IC-CPDs shall have adequate mechanical strength so as to withstand the stresses imposed during connection and use.

For IC-CPD according 4.6.2 and 4.6.3 the minimum degree of protection of the external enclosure against mechanical impact shall be IK08 according to IEC 62262.

Compliance is checked by the test of 9.10.

8.12 Resistance to heat

IC-CPDs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.11.

8.13 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of IC-CPDs 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.

Compliance is checked by the test of 9.12.

8.14 Performance of the test function

IC-CPDs shall be provided with an automatically initiated self-test to verify the ability of the IC-CPD to detect a residual current event. The self-test shall cover the whole function chain consisting of the detection and evaluation of the residual current. The contact mechanism is excluded.

The automatic self-test shall be performed each time

- the IC-CPD is connected to the supply;
- the vehicle connector is connected to the vehicle (only applicable if connected to the supply) or the vehicle has requested to initiate a charging session.

One self-test is sufficient within a 10 min interval.

The 10 min are understood as follows: If a self-test has already been performed within the past 10 min another test is not required on power-up of the IC-CPD or when the IC-CPD is connected to the vehicle. It is not required to do a self-test every 10 min.

The contact closing shall only be initiated if the result of the self-test was positive.

Detected failures, including unintended closed contact(s), shall result in non-charging of the EV by using the PWM signal. A detected unintentional closed contact shall also result in the closing of the protective conductor contact, if the protective conductor is switched.

If the self-test fails, this shall be indicated, e.g., by audible or visible signal.

The operation of the IC-CPD shall be such that the protective conductor of the installation shall not become live and the circuit on the load side shall not be energized during the self-test.

The verification is made by inspection and by tests with a special prepared sample as described in 9.13.

8.15 Behaviour in the event of loss of the supply voltage

The IC-CPD shall open automatically in the event of a voltage drop and reinitiate the charging cycle when the line voltage is restored.

According to IEC 61851-1:2017, Annex A, the IC-CPD shall open automatically in the event of a voltage drop and reinitiate charging cycle in accordance with IEC 61851-1:2017, Annex A, when the line voltage is restored.

Compliance is checked by the tests of 9.14.

8.16 Resistance of IC-CPDs against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages

IC-CPDs shall adequately withstand impulse voltages.

Compliance is checked by the test of 9.16.

8.17 Control pilot function controller

The control pilot function shall comply with IEC 61851-1:2017, Annex A.

The control pilot circuit shall comply with IEC 61851-1:2017, A.2.2.

The IC-CPD shall set the duty cycle of the PWM control pilot signal to indicate the maximum current according to IEC 61851-1:2017, Table A.7. The indicated maximum current transmitted shall not exceed the rating of the IC-CPD.

The control pilot circuit shall be considered as SELV/PELV circuit.

Compliance is checked by testing according to IEC 61851-1:2017, Annex A.

8.18 Reliability

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

Compliance is checked by the tests of 9.17, 9.18 and 9.28.

8.19 Resistance to tracking

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

Compliance is checked by the test of 9.19.

8.20 Electromagnetic compatibility (EMC)

EMC tests shall be performed according to 9.25.

8.21 Behaviour of the IC-CPD at low ambient air temperature

IC-CPDs shall operate reliably at their limits of ambient air temperatures.

Compliance is checked by the tests of 9.7.2.7 and 9.7.2.8.

8.22 Operation with supply failure and hazardous live protective conductor conditions

The IC-CPD shall comply with the additional requirements of 5.1 for supply failures defined in 3.3.1.4, and hazardous live protective conductor conditions defined in 3.3.3.16. The hazardous live protective conductor conditions apply only to IC-CPD classified according to 4.4.2.

Compliance with this requirement is checked by the test of 9.7.6.

8.23 Verification of a standing current in the protective conductor in normal service

The current flowing under normal conditions on the supply side from the IC-CPD to the protective conductor shall not exceed 1 mA RMS at $1,1 U_e$ with contacts in both open and closed positions.

Compliance is checked by the test of 9.7.9.

8.24 Behaviour at specific environmental conditions

IC-CPDs shall operate reliably under specific environmental conditions such as

- resistance to chemical loads;
- solar radiation;
- ultra-violet (UV) radiation;
- coastal environments;
- in case of vehicle drive-over (if applicable);
- after low temperature storage.

Compliance is checked by the tests of 9.28 to 9.33.

8.25 Resistance to vibration and shock

The IC-CPD shall have an adequate withstand to vibrations and shock.

Compliance is checked by the tests of 9.34.

9 Tests

9.1 General

9.1.1 Opening and closing of contacts

If specific operating cycles are not described for tests requiring the opening or closing of contacts, the control pilot function controller with an appropriate PWM signal shall be used to operate the IC-CPD by simulation of the different states as described by IEC 61851-1:2017, Annex A. For that purpose, a specially assembled dummy may be used.

The opening and closing sequence shall be triggered by the control pilot function.

The control pilot function including the PWM signal is defined in IEC 61851-1:2017, Annex A.

9.1.2 Type tests

The characteristics of IC-CPDs are checked by means of type tests.

The safety related embedded software version of the IC-CPDs under test has to be the same for all type tests. The software version shall be documented and identified.

The type tests required by this document are listed in Table 9.

Plugs and vehicle connectors that have already been type-tested to their relevant standard need not be tested again.

Table 9 – List of type tests

Tests	Subclause
–Indelibility of marking	9.3
–Protection against electric shock	9.4
–Dielectric properties	9.5
–Temperature rise test	9.6
–Operating characteristic	9.7
–Mechanical and electrical endurance	9.8
–Behaviour of IC-CPDs under overcurrent conditions	9.9
–Resistance to mechanical shock and impact	9.10
–Resistance to heat	9.11
–Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire	9.12
–Verification of the self-test	9.13
–Behaviour of IC-CPDs in the event of loss of the supply voltage	9.14
–Limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	9.15
–Resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages	9.16
–Reliability	9.17
–Resistance to ageing	9.18
–Resistance to tracking	9.19
–Tests on pins provided with insulating sleeves	9.20
–Effects of strain on the conductors	9.21
–Torque exerted by IC-CPDs on fixed socket-outlets	9.22
–Tests of cord anchorage	9.23
–Flexing test of non-rewirable IC-CPDs	9.24
–Electromagnetic compatibility (EMC)	9.25
–Tests replacing verifications of creepage distances and clearances	9.26
–Verifications for single electronic components used in IC-CPDs	9.27
–Chemical loads	9.28
–Heat test under solar radiation	9.29
–UV radiation	9.30
–Damp and salt mist test for marine and coastal environments	9.31
–Vehicle drive-over	9.32
–Low storage temperature test	9.33
–Vibration and shock test	9.34
–Verification of insulating parts which keep live parts in position	9.35
–Verification of the thermal control device	9.36

9.1.3 Test sequences

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

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 IC-CPDs in a clean and new condition, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 5).

The non-replaceable integral fuse, if any, of an IC-CPD shall not open during tests unless otherwise stated.

If the manufacturer declares that its IC-CPD is equipped with a function to limit the charging current, it is allowed to do the test with the control pilot function. The charging curve is to be included in the test report.

9.1.4 Routine tests

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

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 IC-CPD production.

Unless otherwise specified, the IC-CPD is connected as in normal use supplied by rated voltage, 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.

For type LLLNSE or LLLNE IC-CPDs designed to use less than three phases of a three-phase supply, the tests shall be made only with the wired phases.

The plug and socket outlet are connected according to the test conditions of Clause 19 of IEC 60884-1:2022 or according to the national standard for plugs for household and similar use or according to Clause 22 of IEC 60309-1:2021 for industrial plugs or to the relevant clause of the national standard.

The vehicle connector and vehicle inlet are connected according to the test conditions of Clause 24 of IEC 62196-1:2022 for an EV connector.

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 IC-CPD at about half its height and at a distance of about 1 m from the IC-CPD.

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

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

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

9.3 Test of indelibility of marking

The test is carried out 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 an aliphatic solvent hexane (with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, an initial boiling point approximately 65 °C, a dry point of approximately 69 °C and a specific gravity of 0,68 g/cm³).

Markings made by impressing, moulding, engraving or laser printing are 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 Verification of protection against electric shock

The sample is connected as for normal use. IC-CPDs are tested as supplied by the manufacturer.

For the IC-CPD, the standard test wire shown in Figure 7 is applied with $1\text{ N} \pm 10\%$ in every possible position on every part except for the plug and vehicle connector.

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 IC-CPDs 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 IC-CPD being at this temperature.

During this additional test, IC-CPDs are subjected for 1 min to the test force of the test wire. This wire, with an electrical indicator as described above, is applied to all places where yielding of the insulating material could impair the safety of the IC-CPD.

During this test, the IC-CPDs shall not deform to such an extent that those dimensions which ensure safety are unduly altered and no live part shall be accessible by the standard test wire (see Figure 7).

If the plug portion is an integral part of the function box, the assembly is pressed between two flat surfaces with a force of 300 N for 1 min, as shown in Figure 11 (national requirements of the country where the product is placed on the market can apply).

Fifteen minutes after removal of the test apparatus the sample shall not show such deformation as would result in a situation where live parts are accessible.

9.5 Test of dielectric properties

9.5.1 Resistance to humidity

9.5.1.1 Preparation of the IC-CPD for test

Parts of the IC-CPDs which can be removed without the aid of a tool are removed and subjected to the humidity treatment together with the main part. Spring lids, if any, are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open.

9.5.1.2 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 $\pm 1\text{ K}$ at any convenient value T between 20°C and 30°C .

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

9.5.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE A relative humidity between 91 % and 95 % is 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 constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.5.1.4 Condition of the IC-CPD after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this document and shall withstand the tests of 9.5.2 and 9.5.3.

9.5.2 Insulation resistance of the main circuit

The IC-CPD having been treated as specified in 9.5.1 is then removed from the cabinet.

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

- a) with the IC-CPD in the open position, in turn between each pair of the terminals or pins which are electrically connected together when the IC-CPD is in the closed position;
- b) with the IC-CPD in the closed position, from each pole in turn to the other pole(s) connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test, including the protective conductor circuit and other circuits.
- c) Where it is not possible to retain IC-CPD in the closed position, each pole is bridged by an outside connection;
- d) with the IC-CPD in the closed position, from all poles connected together to the frame, including a metal foil in contact with the outer surface of the internal enclosure of insulating material, if any;
- e) between internal metal parts of the mechanism and the frame.
- f) Access to the internal metal part of the mechanism may be specifically provided for this measurement by the manufacturer;
- g) for IC-CPDs 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, if any, including bushing 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 in normal use;
- screws for fixing covers which have to be removed when connecting the IC-CPD.

For the purpose of this test, the protective conductor is connected to the frame.

For the measurements according to 9.5.2 b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than

- 2 MΩ for the measurements according to 9.5.2 a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.5.3 Dielectric strength of the main circuit

Immediately after the IC-CPD has passed the tests of 9.5.2, the test voltage specified below is applied for 1 min between the parts indicated in 9.5.2, the electronic components, if any, being disconnected for the test, including the protective conductor circuit and other circuits.

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 d) of 9.5.2;
- 2 500 V for e) of 9.5.2.

Initially, no 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.

9.5.4 Secondary circuit of detection transformers

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 or with a protective conductor or with live parts.

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

9.5.5.1 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 being at least 1 s for impulses of the same polarity and being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

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

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

The shape of the impulses is adjusted with the IC-CPD 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 IC-CPDs with incorporated surge arresters that cannot be disconnected, the shape of the impulses is adjusted without connection of the IC-CPD to the impulse generator.

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

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

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

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

9.5.5.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of the clearances of Table 7 and the arrangements given in 9.5.2 b), c) d) and e) show a reduction of the required length, the test in this Subclause 9.5.5.2 applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.5.3.

The measurement of the clearances may be replaced by this test.

The test is carried out on an IC-CPD placed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be as given in Table 10. These values are corrected for the altitude at which the tests are carried out, according to Table 10.

A first series of tests is carried out applying the impulse voltage 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.

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

- the phase pole(s), connected together, and
- the neutral pole of the IC-CPD, as applicable.

A third series of tests is made applying the impulse voltage between the arrangements given in 9.5.2 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.

A fourth series of tests for verification of double insulation or reinforced insulation is carried out applying the impulse voltage between hazardous-live parts and

- accessible parts (accessible conductive parts and accessible surfaces of insulating material), and
- circuits of the pilot signal.

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 10 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

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

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

9.5.5.3.1 General

The tests in this Subclause 9.5.5.3 are not preceded by the humidity treatment described in 9.5.1.

The tests in 9.5.5.3, as stated in the requirements in 8.4.3, shall be carried out before the tests of 9.5.1 on three samples of test sequence B.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 10, in accordance with the rated voltage of the installation for which the IC-CPD is intended to be used as given in Table 7.

These values are corrected for barometric pressure at the altitude at which the tests are carried out, according to Table 10.

9.5.5.3.2 IC-CPD in open position

The series of tests is carried out on an IC-CPD fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

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

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.5.5.3.3 IC-CPD in closed position

The series of tests is carried out on an IC-CPD placed on a metal support, wired as in normal use and being in the closed position.

All components bridging the basic insulation shall be disconnected.

A first 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.

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

- the phase pole(s), connected together, and
- the neutral pole of the IC-CPD.

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.

Afterwards a new sample is tested according to 9.5.5.3.4.

9.5.5.3.4 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

It is not necessary to test components complying with the requirements of 9.27.

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 IC-CPD 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 with IEC 60664-1, the RMS value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_e$. U_e is the nominal voltage value between line and neutral.

NOTE As an example, for an IC-CPD having a rated voltage of $U_e = 250\text{ V}$, 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 permitted to replace a fuse before connecting the equipment to the supply voltage.

With the equipment connected to the supply voltage, under the condition of 9.7.2.4 the IC-CPD 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.

9.6 Temperature-rise test

9.6.1 Test conditions

The general test conditions of 9.2 apply.

IC-CPDs are tested as supplied by the manufacturer. If necessary, special samples are to be prepared with thermocouples placed inside. Placement of the thermocouples shall be documented.

The test is made using test plugs with brass pins having the dimensions of the corresponding standard sheets.

9.6.2 Test procedure

A current equal to I_n is passed simultaneously through the two poles of type LNSE/LLSE IC-CPDs and through the three poles of type LLLNSE or type LLLNE IC-CPDs 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 test is repeated with the current flowing in the protective conductor path alone and with voltage applied between line and neutral. The IC-CPD is supplied by $1,05 U_e$ and is connected in accordance with Figure 3, as applicable. During the tests the temperature rise shall not exceed the values in Table 8.

A specially prepared sample with the trip circuit disabled may be required if the protective conductor passes through the toroid.

9.6.3 Measurement of the temperature rise of different parts

The temperature of the different parts referred to in Table 8 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.

9.6.4 Temperature rise of a part

The temperature rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.6.3, and the ambient air temperature measured in accordance with 9.2.

9.7 Verification of the operating characteristics

9.7.1 Test circuit

The IC-CPD is connected as for normal use, unless otherwise specified. The reset of the IC-CPD may be carried out with any suitable method.

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

The instruments for the measurement of time shall have a relative error not greater than 10 % of the measured values.

Unless otherwise specified, the tests are performed at the reference temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ and with no load.

The IC-CPD shall perform the tests of 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6, 9.7.7, 9.7.8, 9.7.9, 9.7.10 and 9.7.11. Each test is made on one pole only, taken at random, with five measurements being carried out, unless otherwise specified.

For IC-CPDs having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at the lowest and highest frequency. The rated frequency 50/60 Hz is considered as being only one frequency.

9.7.2 Residual sinusoidal alternating currents tests

9.7.2.1 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 voltage.

The test circuit shall be of negligible inductance and shall be in accordance with Figure 1 a), Figure 1 b) or Figure 1 c), and Figure 8, as applicable.

9.7.2.2 Verification of the correct operation in the event of a steady increase of the residual current

With test switch S1 in the closed position, S2 in the open position and S3 in position 1, the IC-CPD closing operation shall be initiated.

The test switch S2 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 S3 in position 2.

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

9.7.2.3 Verification of the correct operation at closing on residual current

The test circuit is calibrated at each value of the residual current specified in Table 2. With test switch S2 being in the closed position, test switch S1 in the closed position and test switch S3 in position 1, the IC-CPD is closed on the circuit so as to simulate service conditions as closely as possible.

The IC-CPD may close but shall trip within the relevant specified time according to Table 2 and not re-close.

The break-time is measured five times. No measurement shall exceed the relevant specified limiting value.

9.7.2.4 Verification of the correct operation in the event of the sudden appearance of residual current

The test circuit is calibrated at each value of the residual current specified in Table 2. With test switches S1 being in the closed position, test switch S2 in the open position, test switch S3 in position 1 and the IC-CPD in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S2.

The IC-CPD shall trip during each test. Five tests are carried out at each value of the residual current with measurement of break-time.

No value shall exceed the relevant specified limiting values according to Table 2.

9.7.2.5 Verification of correct operation in the event of sudden appearance of residual currents between 5 A and 100 A

The test circuit is calibrated successively to the following values of residual current:

5 A, 10 A, 20 A, 50 A and 100 A.

The test switch S1 and the IC-CPD being in the closed position, the test switch S3 in position 1, the residual current is established by closing the test switch S2.

The IC-CPD shall trip during each test. The break times shall not exceed the times given in Table 2.

The test is carried out on one pole only, taken at random.

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

The tests of 9.7.2.3 and 9.7.2.4 are repeated, the IC-CPD 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.

9.7.2.7 Tests at the temperature limits

The IC-CPD shall perform the tests specified in 9.7.2.4 under the following conditions, successively:

- a) ambient temperature: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ off-load;
- b) ambient temperature: upper temperature limit, see Table 5, the IC-CPD having been previously loaded, with the rated current, at any convenient voltage, until it attains thermal steady-state conditions.

Where Table 5 footnote h applies, the test shall be performed at the maximum temperature of the plug.

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

Preheating may be made at reduced voltage.

9.7.2.8 Verification of the correct operation at low ambient air temperatures of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ or lower

The IC-CPD, connected as for normal use, is brought into a suitable test chamber with an ambient air temperature of $+23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $93\text{ \%} \pm 3\text{ \%}$.

The volume ratio of the test chamber to the test samples (including enclosures) shall be greater than 50.

The IC-CPD shall be in the ON-position without load.

Five test cycles are performed (see Figure 25).

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

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

This cycle is performed five times. During these cycles the IC-CPD shall not trip.

Prior to the end of the last 6 h-period at $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ or at the temperature limit as declared by the manufacturer a residual current is passed through one pole of the IC-CPD.

The IC-CPD shall trip within 0,3 s

- at an alternating residual current of $1,25 I_{\Delta n}$, and
- at a pulsating residual current (one-way rectification, $\alpha = 0^{\circ}$) of $1,25 \times 1,4 I_{\Delta n}$ for IC-CPDs with $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$ and by a factor 2 for IC-CPDs with $I_{\Delta n} = 6\text{ mA}$.

9.7.3 Verification of the correct operation with residual currents having a DC component

9.7.3.1 General

The test conditions of 9.7.1 apply, except that the test circuits shall be those shown in Figure 8 a), Figure 8 b), Figure 8 c), or in Figure 9 a), Figure 9 b), Figure 9 c), as applicable.

9.7.3.2 Verification of the correct operation in the event of a continuous rise of a residual pulsating direct current

The IC-CPD shall be tested according to Figure 8 a), Figure 8 b) or Figure 8 c), as applicable.

The auxiliary switches S1 and S2 and the IC-CPD under test are in the closed position. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° , 135° , 180° , 270° and 315° are obtained. Each pole of the IC-CPD shall be tested twice at each of the current delay angles.

At each test the current, starting from zero, shall be steadily increased within 30 s to

- $1,4 I_{\Delta n}$ for IC-CPDs with $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$;
- $2 I_{\Delta n}$ for IC-CPDs with $I_{\Delta n} = 6\text{ mA}$.

The tripping current shall be in accordance with Table 11.

Table 11 – Tripping current ranges for IC-CPDs in the event 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°	For $I_{\Delta n} \leq 6\text{ mA}$: $0,35 I_{\Delta n}$ For $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$: $4,5\text{ mA}$	For $I_{\Delta n} \leq 6\text{ mA}$: $2 I_{\Delta n}$ For $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$: $1,4 I_{\Delta n}$
90°	For $I_{\Delta n} \leq 6\text{ mA}$: $0,25 I_{\Delta n}$ For $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$: $6,3\text{ mA}$	
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	

9.7.3.3 Verification of the correct operation in the event of suddenly appearing residual pulsating direct currents with or without being superimposed by a smooth direct current

The following tests shall be performed to verify the correct operation in the event of suddenly appearing residual pulsating direct currents.

a) Test without superimposed smooth direct current

The IC-CPD shall be tested according to Figure 8 a), Figure 8 b), Figure 8 c), as applicable.

The circuit is successively calibrated at the values of I_{Δ} given in Table 2 multiplied by

1,4 $I_{\Delta n}$ for IC-CPDs with $I_{\Delta n} > 6$ mA;

2 $I_{\Delta n}$ for IC-CPDs with $I_{\Delta n} = 6$ mA.

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.

b) Test with superimposed smooth direct current of 6 mA

After that, the IC-CPD shall be tested according to Figure 9 a), Figure 9 b), Figure 9 c), as applicable.

Two measurements of the break time are made at each of those values specified in 9.7.3.3 a) at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$, superimposed by a smooth direct current of 6 mA, 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.

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

The tests of 9.7.3.2 are repeated, the IC-CPD 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 8.

9.7.4 Verification of behaviour in the event of composite residual current

9.7.4.1 General

All tests shall be carried out with the IC-CPD supplied at U_e , with the rated frequency and without load.

Unless otherwise specified tests are carried out according to Figure 28.

9.7.4.2 Verification of the correct operation in the event of a steady increase of composite residual current

Table 12 provides frequency component values for calibration purposes as well as the starting current values to verify the IC-CPD operation in the event of a steady increased residual current.

Table 13 provides the limit operating values of the composite residual current.

The test frequency has a tolerance of ± 2 %.

Table 12 – Different frequency component values of test currents and starting current values (I_{Δ}) for verifying operation in the event of steady increased residual current

Different frequency component values of test currents for calibration (RMS)		Composite starting current value (RMS)
$I_{\text{at rated frequency}}$	$I_1 \text{ kHz}$	I_{Δ}
$0,141 I_{\Delta n}$	$0,141 I_{\Delta n}$	$0,2 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ corresponds to the rated residual operating current of the device at the rated frequency.		
NOTE 2 For the test purposes the values of rated frequency and 1 kHz have been used for the output and clock frequency respectively representing the most severe condition.		

To verify the operation of the IC-CPD in the presence of composite currents, the starting composite residual current value given in Table 12 shall be increased at a linear rate. The IC-CPD shall trip within the limits of Table 13.

In any case the ratios of the different frequencies shall be maintained from the initial value up to the operating value.

Table 13 – Operating current ranges for composite residual current

Operating current (RMS)	
Lower limit	Upper limit
$0,5 I_{\Delta n}$	$1,4 I_{\Delta n}$
NOTE 1 $I_{\Delta n}$ corresponds to the rated residual operating current of the device at the rated frequency.	
NOTE 2 Operating currents are composed of the ratio of frequency components given in Table 12.	

The test switches S1 and S2 and the IC-CPD being in the closed position, the residual current is steadily increased, starting from a value not higher than the starting composite value given in Table 12 trying to attain the upper limit of residual operating current given in Table 13 within 30 s.

The test is repeated three times through one pole chosen at random. Operating values shall be within the limits of Table 13.

9.7.4.3 Verification of the correct operation in the event of the sudden appearance of composite residual current

Tests are carried out to verify the break time of the IC-CPD, the test current being calibrated at 5 times the upper limit value given in Table 13.

The test switch S1 and the IC-CPD being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S2.

Three measurements of the break time are made.

The break times shall be less than 0,04 s.

Each of the three applications of residual current shall be separated from the previous one by an interval of at least 1 min.

9.7.5 Verification of the correct operation in the event of smooth DC residual current

The test shall be performed according to Figure 27.

- a) The test switches S1 and S2 and the IC-CPD being in the closed position, the smooth DC residual current is steadily increased, starting from 0, trying to attain the value of 6 mA within 30 s, the tripping current being measured. If the device has not tripped before, the current is kept at the value of 6 mA for at least 10 s.

One pole of the IC-CPD, chosen at random as shown in Figure 27, is tested twice at each position 1 and 2 of S3.

The IC-CPD shall trip at a value between 3 mA and 6 mA.

- b) A second series of tests is made to verify the break time.

The test circuit being successively calibrated at each residual current value given in Table 3, the test switch S1 and the IC-CPD being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S2. The test switch S3 is in position 1 or 2 chosen at random.

Two measurements of the break time are made on one pole chosen at random at each value of residual current.

The break times shall be in compliance with the values given in Table 3.

9.7.6 Miswiring and supply failure tests

9.7.6.1 General

The verification of hazardous live protective conductor conditions applies only to IC-CPDs classified in accordance with 4.4.2.

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

The IC-CPD shall be connected in accordance with either Table 14 or Table 15 and shall satisfy the characteristics of 5.1.

NOTE In the following countries: US, a switched equipment grounding conductor that extends to the vehicle connector is permissible provided the construction complies with the following:

- a) the device is intended for use on a supply circuit not exceeding 150 V to ground;
- b) a grounding monitor interrupter (GM/I) is provided integrally with the CCID;
- c) the switching device in the equipment grounding conductor shall close before the line switching contacts when the output is energized;
- d) the switching device in the equipment grounding conductor shall open after the line switching contacts when the output is deenergized; and
- e) the construction shall comply with the tests for switched equipment grounding conductor tests.

Table 14 – Supply failure and hazardous live protective conductor (PE) connections for test with reference to correct supply connections for LNSE/LLSE and LNE/LLE types

Type LNSE / LNE			Type LLSE / LLE			Test clause/subclause and comments
IC-CPD input terminal connections						
L	N	PE	L ₁	L ₂	PE	Correct supply and terminal marking NOTE Types classified under 4.1.
L	N	PE	L ₁	L ₂	PE	Normal connection 9.7.1 See Figure 1 a) LNSE / LNE types, Figure 1 b) LLSE / LLE types
N	L	PE				Normal connection 9.7.1 See Figure 1 a) LNSE and LNE types
N	L	L	L ₁	L ₂	L ₁	Hazardous live protective conductor (see 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 a) LNSE types, Figure 2 b) LLSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply (only for IC-CPD classified in accordance with 4.4.2) See Annex D, Figure D.2, Example 2, LNSE types See Annex D, Figure D.1, Example 11, LLSE types
L	N	L	L ₁	L ₂	L ₂	Hazardous live protective conductor (see 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 c) LNSE types, Figure 2 d) LLSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply (only for IC-CPD classified in accordance with 4.4.2) See Annex D, Figure D.2, Example 10, LNSE types See Annex D, Figure D.1, Example 10, LLSE types
L	O	PE				Open neutral: see 9.7.6.3 See Figure 4 a) See Annex D, Figure D.2, Example 3
			O L ₁	L ₂ O	PE PE	Open Line: see 9.7.6.3 See Figure 4 b) See Annex D, Figure D.1, Example 3.
L	N	O	L ₁	L ₂	O	Open protective conductor, see 9.7.6.4 (only for IC-CPD classified in accordance with 4.5.2) See Figure 10 a) LNSE types, Figure 10 b) LLSE types, See Annex D, Figure D.2, Example 4, LNSE types See Annex D, Figure D.1, Example 4, LLSE types

NOTE 1 For certain LLSE types a supply neutral terminal connection can be available.

NOTE 2 The reversal of the supply neutral and protective conductor (R_x and $< U_e$ for TT systems (see Annex D, Figure D.2, Example 3)) is covered by the tests of 9.14.2.

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

Type LLLNSE / LLLNE					Test clause and comments
L ₁	L ₂	L ₃	N	PE	Correct supply and terminal marking NOTE Types classified under 4.1.
L ₁	L ₂	L ₃	N	PE	Normal connection 9.7.1 See Figure 1 c) LLLNSE / LLLNE
N	L ₂	L ₃	L ₁	L ₁ L ₂ L ₃	Hazardous live protective conductor (see 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 h), Figure 2 i), Figure 2 j) LLLNSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply (only for IC-CPD classified in accordance with 4.4.2)
L ₁	L ₂	L ₃	N	L ₁ L ₂ L ₃	Hazardous live protective conductor (see 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 e), Figure 2 f), Figure 2 g) LLLNSE types This test is considered to cover situations where a hazardous live protective conductor exists due to a miswired supply (only for IC-CPD classified to 4.4.2)
L ₁	L ₂	L ₃	O	PE	Open neutral: see 9.7.6.3 See Figure 4 c)
L ₁	L ₂	L ₃	N	O	Open PE: see 9.7.6.4 (only for IC-CPD classified in accordance with 4.5.2) See Figure 10 c)

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

Subclause 9.7.6.2 is only applicable for IC-CPDs classified in accordance with 4.4.2.

The IC-CPD complies if one of the following conditions is fulfilled:

- it does not close if the protective conductor is hazardous live, or
- if it closes and the protective conductor is hazardous live, it shall re-open in a time not exceeding 300 ms, automatically, with a rated residual current flowing.

IC-CPDs shall be connected in turn as in Figure 2 a) to Figure 2 j), as applicable.

With S1 in closed position, the IC-CPD initiating the closing shall be operated in each position.

If the contacts do not close, the unit complies.

If the contacts close then by use of S2, a further test is carried out with a resistor connected from the protective conductor load terminal to the supply protective conductor.

The resistor value shall be adjusted to produce rated residual current ($U_e/I_{\Delta n}$ for LNSE types, $U_e/I_{\Delta n}$ or $U_e/2$ divided by $I_{\Delta n}$ for LLSE dependant on the connection).

9.7.6.3 Verification of correct performance in the event of open neutral and open line

The required performance of IC-CPDs shall 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.
- for LLLNSE / LLLNE types
 - do not close even momentarily if the neutral is open;
 - open within 1 s if closed and then the neutral is opened.

Depending on its classification, the correct operation of the IC-CPD in the event of open neutral or open line shall be verified by the following tests.

- a) For IC-CPDs classified in accordance with 4.1.2 (LNSE/LLSE and LNE/LLE)

The contacts shall not close even momentarily. The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 a).

With S1 closed, S2 open, the IC-CPD initiating the closing shall be operated.

The contacts shall not close with an open neutral.

Proceed with IC-CPD supplied from two phases.

The contacts shall not close when either line of the supply is opened, even momentarily.

The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 b).

With S1 closed, S2 open, S3 closed, the IC-CPD initiate closing shall be operated.

Repeat with S2 closed and S3 open.

The contacts shall not close with an open line.
- b) For IC-CPDs classified in accordance with 4.1.3 (LLLNSE / LLLNE)

The contacts shall not close even momentarily. The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 c).

With S4 closed, S2 open, the IC-CPD initiating the closing shall be operated.

The contacts shall not close with an open neutral.
- c) For IC-CPDs classified in accordance with 4.1.2 (LNSE/LLSE and LNE/LLE)

The contacts shall open when the supply neutral is opened.

The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 a).

With S1 closed, S2 closed, the IC-CPD shall be in the closed position; then open S2 (neutral).

Proceed with IC-CPD supplied from two phases.

The contacts shall open when either line of the supply is opened.

The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 b).

With S1 closed, S2 closed, S3 closed, the IC-CPD shall be in the closed position; then open S2 (line 1).
- d) For IC-CPDs classified in accordance with 4.1.3 (LLLNSE / LLLNE)

The contacts shall open when the supply neutral is opened.

The IC-CPD shall be connected as per Figure 4 c).

With S4 closed, S2 closed, the IC-CPD shall be in closed position; then open S2 (neutral).

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

This test is applicable only for IC-CPD classified in accordance with 4.5.2.

IC-CPDs classified in accordance with 4.1.2 shall be connected as in Figure 10 a) (type LNSE) with an impedance equal to 1 600 Ω inserted in the protective conductor. Afterwards the IC-CPDs shall be connected as in Figure 10 b) (type LLSE) with an impedance equal to 1 600 Ω inserted in the protective conductor.

IC-CPDs classified according to 4.1.3 shall be connected as in Figure 10 c) (type LLLNSE) with an impedance equal to 1 600 Ω inserted in the protective conductor.

With S1 closed, S2 open, the IC-CPD initiating the closing shall be operated.

The IC-CPD contacts shall not close, even momentarily.

9.7.7 Verification of protective conductor contact behaviour

9.7.7.1 Verification of protective conductor contact coupling when closing

The tests, by changing the pilot status from state B to state C, shall verify that the protective conductor does not close later than L or N contacts close. The tests are carried out at 0,85 times and at 1,1 times of the rated voltage.

9.7.7.2 Verification of protective conductor contact coupling when opening

The tests shall verify, by changing the pilot status from state C to state B, that the protective conductor does not open earlier than L and N open. The tests are carried out at 0,85 times and 1,1 times of the rated voltage and when the supply voltage is slowly reduced down to 50 V AC. The protective conductor contact function should be verified.

One sample of IC-CPD shall be prepared such that it will not open the L contact again after closing (thus simulating a welded L contact).

The test is performed as follows:

The contacts are activated by using the control pilot transition from B to C. The protective conductor contact shall be verified to be closed. The contacts are then initiated to open by the control function transition from C to B.

The result shall be that the L contact remains closed (simulated welded L contact) and that the protective conductor contact does not open.

The test is repeated with the other L contact(s) and/or N contact, as applicable.

9.7.8 Verification that the protective conductor is connected to the electric vehicle

The IC-CPD shall be installed as for normal use. The device under test is supplied by a power source, according to Figure 26, and is powered at 1,1 times the rated voltage. The following test procedure is applied.

- a) The switch S2 being in the closed position, the switch S1 is closed. The contacts of the IC-CPD shall close.
- b) The switch S2 being in the open position, the switch S1 is closed. The contacts of the IC-CPD shall not close.

- c) The switch S1 and S2 being in the closed position, the contacts of the IC-CPD shall be closed. If the switch S2 is suddenly opened, the contacts of the IC-CPD shall open in less than 0,1 s. After closing of S1, some time may elapse before closing of the IC-CPD.

Afterwards, the test is repeated but with the device being supplied at $0,85 U_e$.

9.7.9 Verification of standing current in the protective conductor connection in normal service

IC-CPDs shall be connected as in Figure 5, as applicable.

A resistor (R_1) of $1 \Omega \pm 0,01 \Omega$, with an RMS voltmeter connected across it, is connected between the supply protective conductor and the input protective conductor terminal of the IC-CPD.

A resistor (R) of $1 \Omega \pm 0,01 \Omega$ is connected between the supply neutral and the input neutral terminal of the IC-CPD.

The applied voltage is $1,1 U_e$

The IC-CPD initiating the closing shall be operated and the voltage drop across the resistor R_1 measured.

The IC-CPD is opened and the voltage drop across the resistor 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 at $1,1 U_e$.

9.7.10 Verification of the correct operation in the event of residual direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases

This test applies only for IC-CPDs operating on two-phase supply, in accordance with 4.1.2.

- a) The test shall be performed in accordance with Figure 13.

With the test switches S1 and S2 and the IC-CPD being in the closed position, the residual pulsating direct current is steadily increased, starting from a value not higher than 2 mA, trying to attain the value of 7 mA within 30 s, the tripping current being measured.

The test circuit is connected to the IC-CPD at two-line terminals chosen at random.

The IC-CPD is tested five times at each of the positions I and II of S3.

The IC-CPD shall trip within the limits of 3,5 mA to 7 mA.

- b) A second series of tests is made to verify the break time.

The test circuit being successively calibrated at each current value given in Table 4, the test switch S1 and the IC-CPD being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S2.

With the IC-CPD connected at two-line terminals chosen at random, five measurements of the break time are made at each value of residual current given in Table 4 at each position I and II of S3.

The break times shall be in compliance with the values given in Table 4.

9.7.11 Verification of the correct operation in case of residual direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases

This test applies only for IC-CPDs operating on three-phase supply (in accordance with 4.1.3).

- a) The test shall be performed according to Figure 14 (see below).

The test switches S1 and S2 and the IC-CPD being in the closed position, the residual pulsating direct current is steadily increased, starting from a value not higher than 2 mA, trying to attain the value of 6,2 mA within 30 s, the tripping current being measured.

The IC-CPD is tested five times at each of the positions I and II of S3.

The IC-CPD shall trip within the limits of 3,1 mA to 6,2 mA.

- b) A second series of tests is carried out to verify the break time.

The test circuit being successively calibrated at each current value given in Table 4, the test switch S1 and the IC-CPD being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S2.

Five measurements of the break time are made at each value of residual current given in Table 4 at each of the positions I and II of S3.

The break times shall be in compliance with the values given in Table 4 of this document.

9.8 Verification of mechanical and electrical endurance

9.8.1 Endurance of plug and vehicle connector part

The plug and vehicle connector shall be in accordance with the relevant IEC International Standard or in accordance with the relevant national standard.

9.8.2 Endurance of the residual current function of the IC-CPD

9.8.2.1 General

The IC-CPD is prepared in accordance with 9.2. The test is carried out in a test circuit as shown in Figure 29.

Endurance tests are carried out at the rate of four operating cycles per minute; if the conditioning of the IC-CPD does not allow this, the test shall be carried out within the shortest possible time given by the manufacturer. Switching of S2 shall not be synchronized with the phase angle of the supply. The ON period shall have a duration of 1,9 s to 2,1 s.

IC-CPDs are subjected to a total number of 10 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The test is carried out at rated operational voltage and at 50 Hz $\pm$ 5 %.

Calibration of the test circuit:

- a) the current is recorded through the current sensor A;
- b) when supplied at the test voltage the following adjustments are made;
 - 1) calibration of inrush current (R3 and C1): The IC-CPD is replaced by a link B_C having negligible impedance compared with that of the test circuit. S3 and S4 are in open position. R3 and C1 are adjusted so that after closing S1 at a phase angle of 90° the current through the current sensor reaches a peak value of 200 A $\pm$ 10 A with a rise time t_r (10 % to 90 % of the peak value) of maximum 20 μ s and declines to a value of 66 A $\pm$ 3 A at 30 μ s + 20 μ s after the peak;
 - 2) calibration of rated current (X1): With B_C removed, S1, S2 and S3 in closed position and S4 in open position, X1 is adjusted so that the current through the current sensor equals the rated current. X1 consists of resistors and reactors in series (X1). 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 at least 0,95;

- 3) calibration of pre-charge current (R2) if the rated current of the device is lower than 30 A: With the IC-CPD replaced by link B_C, having negligible impedance compared with that of the test circuit and S1, S3 and S4 in closed position, R2 is adjusted so that the current through the current sensor equals 30 A RMS. If the rated current of the device is higher than 30 A, R2 is replaced by an open circuit.

The inrush current consists of two superimposed components, both starting at the same time at the closing of the contactors in the IC-CPD:

- the resulting test current has a peak of maximum 230 A and corresponds to the Event 1 of ISO 17409:2020, 8.2.2.
- the peak value decay to 30 A RMS. This (sinusoidal) current remains up to 1 s and corresponds to the Event 2 of ISO 17409:2020, 8.2.2.

A principal wave shape is shown in Figure 31.

9.8.2.2 Test procedure for on-load test

The opening operations shall be effected as follows:

- a) 1 000 operations are carried out by closing S4 and S3, applying the supply voltage to the IC-CPD by closing S1, closing S2, and opening S4 1 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD. 2 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD the opening operation is initiated by opening S2. After that the new operation cycle is started. After 1 000 operations have been carried out S1 shall be opened.
- b) 1 500 operations are carried out by closing S4 and S3, applying the supply voltage to the IC-CPD by closing S1, closing S2, and opening S4 1 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD. 2 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD the opening operation is initiated by passing a residual operating current of $I_{\Delta n}$ through one pole (not shown in Figure 29). After that the new operation cycle is started.

During the tests of a) and b), it is considered that the protective conductor contact is also verified but without load.

9.8.2.3 Test procedure for making without breaking test

7 500 operating cycles are carried out by closing S4 and S3, applying the supply voltage to the IC-CPD by closing S1, and closing S2. 1 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD the switches S4 and S3 shall be opened. 2 s ± 100 ms after closing of the main circuit by the IC-CPD the opening operation is initiated by opening S2. After that the new operation cycle is started. After the full 10 000 operations have been carried out S1 shall be opened.

9.8.2.4 Condition of the IC-CPD after the tests

Following the tests of 9.8.2.2 and 9.8.2.3, the IC-CPD shall not show during inspection:

- undue wear;
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard gauge of Figure 7;
- loosening of electrical or mechanical connections;
- seepage of the sealing compound, if any.

Under the test condition of 9.7.2.4, the IC-CPD shall trip with a test current of 1,25 $I_{\Delta n}$. One test only shall be made with measurement of break time. The break time shall not exceed 0,3 s.

The IC-CPD shall then perform satisfactorily for the dielectric strength test specified in 9.5.3, but at a voltage equal to 900 V for 1 min and without previous humidity treatment.

9.9 Verification of the behaviour of the IC-CPD under overcurrent conditions

9.9.1 List of the overcurrent tests

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

Table 16 – Tests to verify the behaviour of IC-CPDs under overcurrent conditions

Verification	Subclause
Rated making and breaking capacity I_m	9.9.2.2
Rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$	9.9.2.3
Coordination at 250 A and at the rated conditional short-circuit current I_{nc}	9.9.2.4 a)
Coordination at the rated making and breaking capacity I_m	9.9.2.4 b)
Coordination at 250 A and at the rated conditional residual short-circuit current $I_{\Delta c}$	9.9.2.4 c)
Making and breaking capacity of the plug and socket-outlet(s) separate or incorporated in integral items of the IC-CPD	9.9.3

9.9.2 Short-circuit tests

9.9.2.1 General conditions for test

The conditions of 9.9.2.1 are applicable to any test intended to verify the behaviour of the IC-CPD under short-circuit conditions.

a) Test circuit

Figure 6, as applicable, gives the diagrams of the circuit to be used for the tests.

The supply feeds a circuit including a resistor r , a reactor X , an SCPD, the IC-CPD under test and the additional resistors R_1 , R_2 or R_3 , as applicable.

The resistor r and reactor X are inserted between the supply source S and the IC-CPD under test.

The reactors X shall be air-cored. They shall always be connected in series with the resistor 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 R taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

The SCPD is inserted on the supply side of the IC-CPD under test.

The additional resistors R_1 , R_2 and R_3 , shall be inserted on the load side of the IC-CPD under test as shown in Figure 6.

IC-CPDs in accordance with 4.2.2 shall be tested in the assembly as manufactured.

IC-CPDs in accordance with 4.3.3 shall be fitted with cables at the discretion of the manufacturer and test house.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report. It shall be in accordance with the relevant subfigure a), b) or c) of Figure 6 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.

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the IC-CPD as given in Table 17, tests shall be performed. The SCPD, if any, shall be adjusted and shall be embodied either by a silver wire or by a fuse or by any other means. The manufacturer shall specify the type of SCPD to be used in the tests. The type of SCPD shall be mentioned in the test report.

For the purpose of this test, verification of the correctly selected and adjusted SCPD (I^2t and I_p) is made prior to testing, the IC-CPD being replaced by a temporary connection having a negligible impedance.

The minimum values of let-through energy I^2t and peak current I_p , based on an electrical angle of 45° , are given in Table 17.

Table 17 – Minimum values of I^2t and I_p

		I_n A			
I_{nc} and $I_{\Delta c}$ A		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5
	I^2t (kA ² s)	2,5	3,0	3,6	6,0

At the request of the manufacturer higher values of I^2t and I_p may be used. The verification of the minimum I^2t and I_p values is not needed if the manufacturer has stated for the IC-CPDs values higher than the minimum ones in which case the stated values shall be verified.

All the conductive parts of the IC-CPD under test that are normally earthed in service, including the metal support on which the IC-CPD is mounted or placed or any metal enclosure, 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.

Voltage sensors V shall record the supply voltage and the recovery voltage. Current sensor A shall record the test current.

Other sensors may be fitted to give indications of operation, for example voltage across the poles carrying test current or voltage from the L (or L_1) load terminal to neutral.

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

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of rated making and breaking capacity and of the correct coordination between IC-CPD and SCPD shall be performed at values of influencing quantities and factors as stated by the manufacturer in accordance with Table 5 of this document, 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: $0^{+5} \%$
- frequency: $\pm 5 \%$;
- power factor: $0_{-0,05}$;
- voltage: $\pm 5 \%$ (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 G.

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 voltage of the IC-CPD under test.

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

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

e) Calibration of the test circuit

The current is recorded through the current sensor A.

When supplied at the test voltage, recorded by voltage sensor V, the following adjustments are made:

- r and X : The SCPD is replaced by link B_L and IC-CPD by links B_C having a negligible impedance compared with that of the test circuit. The load side connections of the IC-CPD under test are short-circuited by the link B_d of negligible impedance. The resistor R and the reactor X are adjusted so as to obtain a current equal to the rated conditional short-circuit current at the prescribed power factor.
- R_1, R_2, R_3 : The SCPD is replaced by link B_L and IC-CPD by links B_C having a negligible impedance compared with that of the test circuit (B_d is removed).

R_1 : a residual current of $10 I_{\Delta n}$ when S_1 is closed (for the residual current during the test of I_m).

R_2 : the rated making and breaking current (for the test coordination of $I_m, I_{\Delta m}$ and I_n)
The value is the highest of 100 A or $10 I_n$

R_3 : 250 A current (for tests of I_{nc} and $I_{\Delta c}$)

f) Condition of the IC-CPD for test

The IC-CPD shall be assembled and connected according to the manufacturer's instructions.

The total length of the supply cord and the vehicle cords shall be the shortest length of the cords being offered to the market. If straight and spiral cords are offered, straight cords shall be used.

The total length shall be at minimum 0,75 m. For spiral cables the extended length is valid for the cable length.

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 "open" operation, with the IC-CPD in the closed position the short-circuit is established by closing the switch S_2 ;
- 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;
- CO represents a "close – open" operation: with the switch S_2 in the closed position the short-circuit is initiated by closing the IC-CPD. The opening is by operation of the IC-CPD or the SCPD (in the case of a SCPD, see 9.9.2.4).

If the IC-CPD is of the type which automatically closes when the voltage is applied, the test switch S_3 is closed to initiate the "CO" operation.

h) Behaviour of the IC-CPD during tests

During tests, the IC-CPD 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.

i) Condition of the IC-CPD after tests

The IC-CPD samples are considered as having passed the test if at least one of the following conditions are fulfilled:

- no damage impairing its further use, as follows:
 - the IC-CPDs shall be capable of satisfying the tests of 9.14;
 - the IC-CPD shall be capable, without maintenance, of making and breaking its rated current at its rated voltage;
 - under the test conditions of 9.7.2.3, the IC-CPD 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;
 - for an IC-CPD in accordance with 4.4.2 (SPE), opening of the PE contact shall be ensured.
- a fault is indicated by a visual or audible signal, the control pilot signal shall disable the charging and the PE contact, if any, is in closed position.

In addition, all of the following conditions shall be fulfilled:

- there shall be no access to live parts which are normally not accessible in normal use, even if the standard test finger (Figure 32) is applied with a force not exceeding 5 N;
- without maintenance, the IC-CPD shall comply with the requirements of 9.5.3 but at a voltage equal to twice its rated voltage for 1 min and without previous humidity treatment;
- the continuity of the PE path with sufficient low impedance shall be maintained and checked by appropriate means.

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

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

a) Test conditions

The IC-CPD is tested in a circuit according to the general test conditions prescribed in 9.9.2.1.

A link B_L is connected across the SCPD so that there is no external SCPD in the circuit.

R_1 is connected by closing S_1 .

R_2 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD neutral load terminal of a type LNSE.

b) Test procedure

The following sequence of operation is performed:

CO – t – CO – t – CO

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

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

a) Test conditions

For non-polarized plug and socket-outlet systems the test shall be performed at a random position of the plug inserted into the socket-outlet.

The IC-CPD is tested in a circuit according to the general test conditions prescribed in 9.9.2.

A link B_L is connected across the SCPD so that there is no external SCPD in the circuit.

S_1 is opened to disconnect R_1 .

R_2 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the protective conductor load terminal.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO

9.9.2.4 Verification of the coordination between the IC-CPD and the SCPD

These tests are intended to verify that the IC-CPD 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) and at its rated making and breaking rating.

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

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

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

The following tests are made under the general conditions of 9.9.2.1 and as stated in a), b) or c) as appropriate.

For the "O" operation, the closing of switch S_2 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})

A test is made without establishing any residual current up to the rated conditional short-circuit current I_{nc} .

1) Test conditions

For unpoled plug and socket-outlet systems the test shall be performed at a random position of the plug inserted into the socket-outlet.

The link B_L across the SCPD is opened so that the SCPD is in the test circuit.

R_1 is not connected and S_1 is open.

For the 250 A test, R_3 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD neutral load terminal of a type LNSE.

For the I_{nc} test the IC-CPD load terminal L_t is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD neutral load terminal of a type LNSE.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO at 250 A,

O – t – CO at rated I_{nc}

A new sample may be used for each test sequence.

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

A test is made, without establishing any residual current, at 100 A.

1) Test conditions

The link B_L across the SCPD is opened so that the SCPD is in the test circuit.

R_1 is not connected and S_1 is open.

R_2 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD neutral load terminal of a type LNSE.

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 ($I_{\Delta c}$)

A test is made with a residual current up to the rated conditional short-circuit current $I_{\Delta c}$ through the IC-CPD protective conductor circuit.

1) Test conditions

The link B_L across the SCPD is opened so that the SCPD is in the test circuit.

R_1 is not connected and S_1 is open.

For the 250 A test R_3 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD protective conductor load terminal.

For the $I_{\Delta c}$ test the IC-CPD load terminal L_1 is connected to the switch S_2 line terminal. The switch S_2 load terminal is connected to the IC-CPD protective conductor load terminal.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO at 250 A,

O – t – CO at rated $I_{\Delta c}$.

A new sample may be used for each test sequence.

9.9.3 Verification of the making and breaking capacity of the plug of the IC-CPD

Compliance is checked according to the relevant making and breaking capacity clause of the national standard. In the absence of a national standard, Clause 20 of IEC 60884-1:2022 applies.

9.10 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.10.1 General

IC-CPDs shall have adequate mechanical strength to withstand the stresses imposed during normal use.

Compliance of each integral item is checked by the appropriate tests in accordance with Table 18.

Table 18 – List of tests of resistance to mechanical shock and impact

Item to be tested	Test subclause
For screwed glands of IC-CPDs	9.10.3
For devices classified under 4.6.1	9.10.2, 9.10.3 and 9.10.4
For devices classified under 4.6.2	9.10.2 and 9.10.5
For devices classified under 4.6.3	9.10.2, 9.10.3, 9.10.4 and 9.10.5

Compliance for plugs and connectors not incorporating the function box, is checked by the appropriate tests of the applicable product standard.

9.10.2 Drop test

The IC-CPD is tested with the shortest cable length as supplied by the manufacturer.

The drop test shall be performed according to IEC 60068-2-31 with the following parameters:

- number of devices: 3;
- number of falls per device: 2 in each axis x, y, z;
- drop height: 1 m;
- impact surface: concrete ground or steel plate;
- orientation: first fall of each device at a different dimensional axis, second fall with the given device at the same dimensional axis but on the opposite side of the housing;
- operation mode: not operating.

After the drop test the IC-CPD are considered as having passed the test if the following provisions are met:

- the IC-CPD enclosure shows no visible damage that mitigates protection against electric shock;
- a self-test according to 9.13 is passed;
- under the test conditions of 9.7.2.4, the IC-CPD 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;
- for an IC-CPD in accordance with 4.4.2 (SPE), opening of the PE contact shall be ensured.

NOTE 1 This test covers wrong handling by the user who can drop the device when carrying it.

NOTE 2 The test is in accordance with ISO 16750-3:2012, 4.3.2.

9.10.3 Test for screwed glands of IC-CPDs

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 19 being applied to the spanner for 1 min.

Table 19 – Torque applied to the spanner for the test

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.

9.10.4 Mechanical strength test on IC-CPDs provided with cords

IC-CPD according to 4.6.1 and 4.6.3 are tested as for normal use.

The IC-CPD is arranged with 2,25 m of flexible cord from the pivot point to the support point as shown in Figure 17.

The sample is held so that the cable or cord is horizontal and is then allowed to fall onto a concrete floor eight times (in various orientations).

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.

The IC-CPD 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 9.4.

9.10.5 Mechanical impact test and shock test

Tests according to 10.2.701.2 and Annex EE of IEC 61439-7:2022 shall be performed.

Compliance shall be fulfilled in accordance with 10.2.701.2 and Annex EE of IEC 61439-7:2022.

9.11 Test of resistance to heat

9.11.1 General

The tests are carried out according to 9.11.2, 9.11.3 and 9.11.4 as applicable.

The tests of 9.11.2 and 9.11.3 are not carried out on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.11.2 and 9.11.3 are made of the same material, the test is carried out only on any one of these parts, according to 9.11.2 or 9.11.3, as applicable.

9.11.2 Temperature test in heating cabinet

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, the samples shall not undergo any change impairing their further use, and the sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally 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 9.7.2.3, the IC-CPD 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.

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

9.11.3 Ball pressure test for insulating material necessary to retain in position current-carrying parts

Parts of IC-CPDs 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 12.

When it is not possible to carry out the test on the specimens, the test should be carried out on a piece at least 2 mm thick which is cut out of the specimen. If this is not possible, up to and including four layers, each cut-out of the same specimen may be used, in which case the total thickness of the layers should be not less than 2,5 mm.

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 for 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.

9.11.4 Ball pressure test for insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts

External parts of IC-CPDs 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 9.11.3, but the test is made at a temperature of $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ or $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.6, whichever is the highest.

Where Table 5 footnote h) applies, the test is carried out at a temperature of $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ or at a temperature of $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.6, whichever is the highest.

9.12 Resistance of insulating material to abnormal heat and to fire

The glow-wire 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 in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test carried out at a temperature of $750 ^\circ\text{C} \pm 15 ^\circ\text{C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test carried out at a temperature of $650 ^\circ\text{C} \pm 10 ^\circ\text{C}$.

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 9.12. The following are considered to be small parts (see Figure 33):

- where each surface lies completely within a circle of 15 mm in diameter; or
- where it is not possible to fit a circle of 8 mm in diameter completely on at least one of the surfaces while, at least one part dimension is > 15 mm.

When checking a surface,

- projections on the surface are disregarded and
- holes or recesses which are not greater than 2 mm in any dimension are disregarded.

The tests are not made on parts of ceramic material.

If possible, the sample should be a complete IC-CPD.

If the test cannot be carried out on a complete IC-CPD, a suitable part may be cut from it for the purpose of the test.

The test is carried out on one sample.

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

The test is carried out 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.

9.13 Verification of the self-test

9.13.1 Test conditions

Each IC-CPD is initially supplied at rated voltage as for normal use.

During the self-test procedure, it shall be verified that the protective conductor on the supply side does not become live and the contacts to the load side shall not be closed.

The IC-CPD shall be caused to trip under the conditions of 9.7.2.4 with a residual current of $I_{\Delta n}$. It shall not be possible to reclose the IC-CPD without performing a self-test.

Before each starting of the charging process, the IC-CPD shall be tested by an automatic initiated self-test.

The correct performance of the self-test is tested by using the test circuit of Figure 34 a), Figure 34 b) or Figure 34 c), as applicable.

9.13.2 Verification of the self-test with IC-CPD in normal operation

An IC-CPD sample is connected to the test circuit.

With test switch S1 (or switch S3 for type LLLNSE/LLLNE) in the closed position, the IC-CPD closing operation shall be initiated.

The correct operation of the IC-CPD shall result in starting the charging of the EV.

For Type LLSE/LLE, the test is repeated with switch S2 in position 2.

The correct operation of the IC-CPD shall result in starting the charging of the EV.

For Type LLLNSE/LLLNE, the test is repeated with switch S4 in positions 2 and 3.

The correct operation of the IC-CPD shall result in starting the charging of the EV.

9.13.3 Verification of the self-test with simulated welded contacts of IC-CPD

An IC-CPD sample shall be prepared by shorting the line and neutral contacts. In the case of mechanically coupled monitoring contacts of the switching device, monitoring contact shall be prepared to indicate the fault of welded line or welded neutral contacts. In the case of non-mechanically coupled contacts, another one is prepared with only one contact shorted, chosen at random. For the test, this current path is connected to the line.

With test switch S1 (or switch S3 for type LLLNSE/LLLNE) in the closed position, the IC-CPD closing operation shall be initiated.

The result shall be that the fault is indicated by a visual or audible signal, the control pilot signal shall disable the charging and the protective conductor contact, if any, is in closed position.

For Type LLSE/LLE, the test is repeated with switch S2 in position 2.

The result shall be that the fault is indicated by a visual or audible signal, the control pilot signal shall disable the charging and the protective conductor contact, if any, is in closed position.

For Type LLLNSE/LLLNE, the test is repeated with switch S4 in positions 2 and 3.

The result shall be that the fault is indicated by a visual or audible signal, the control pilot signal shall disable the charging and the protective conductor contact, if any, is in closed position.

9.14 Verification of the behaviour of IC-CPDs in the event of loss of the supply voltage

9.14.1 Verification of correct operation at the minimum operating voltage (U_x)

A voltage equal to U_e is applied to any two current paths of the IC-CPD chosen at random and the voltage is gradually reduced to U_x and is then progressively lowered at a rate of approximately 5 V/s until automatic opening occurs.

The opening voltage is measured.

Five measurements are made on each sample.

All the opening voltage values measured shall not exceed U_x .

U_x shall not exceed 0,85 times the rated voltage or 0,85 times the minimum value of the range of rated voltages.

Following these measurements, the voltage is set to U_e and then reduced to a value 5 % above the maximum measured opening voltage. Under this condition it shall be verified that the IC-CPD operates in accordance with Table 2 at $I_{\Delta n}$.

If all measured opening voltages are below 85 V, this test is applied at a value of 85 V.

9.14.2 Verification of the automatic opening in the event of loss of the supply voltage

The IC-CPD is supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having a value within its range of rated voltages) and is closed.

The line voltage is then switched off.

The time interval between the switching off and the opening of the main contacts is measured.

Five measurements are made.

The opening time for the IC-CPD shall be less than or equal to 1 s.

9.14.3 Verification of the reclosing function

With the IC-CPD in open position due to automatic opening, a slowly rising supply voltage is applied so as to obtain the rated voltage or, in the case of a range of rated voltages, the lowest rated voltage starting from zero within 30 s. The IC-CPD shall reinitiate the charging process before or at the latest when the voltage reaches 0,85 times the rated voltage. The increase of the voltage shall be stopped at the moment of automatic reclosing of the IC-CPD.

At that voltage or 85 V, whichever is the highest, it shall be verified that the IC-CPD operates in accordance with Table 2 at $I_{\Delta n}$. The supply voltage is removed and then re-applied after 30 s and the IC-CPD shall not reclose automatically as long as the dedicated means for a manual reset have been used. If manual reset is achieved by disconnecting the IC-CPD from the socket outlet, the IC-CPD may reclose again.

9.15 Verification of the limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions

The IC-CPD is connected as for normal use with a substantially non-inductive load corresponding to a current equal to $4 I_n$.

IC-CPDs are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having any value within its range of rated voltages).

The load is switched on by a two-pole test switch and then switched off after 1 s.

The IC-CPD 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.

9.16 Verification of resistance against unwanted tripping due to surge currents to earth resulting from impulse voltages

The IC-CPD is tested using a surge generator capable of delivering a damped oscillatory current as shown in Figure 21. An example circuit diagram for the test of the IC-CPD is shown in Figure 22. One pole of the IC-CPD, 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 an IC-CPD of the same type to meet the following requirements:

- peak value: 25 A, with a tolerance of ± 10 %;
- virtual front time: 0,5 μ s, with a tolerance of ± 30 %;
- period of the following oscillatory wave: 10 μ s, with a tolerance of ± 20 %;
- each successive peak: about 60 % of the preceding peak.

During the tests, the IC-CPD shall not trip.

9.17 Verification of reliability

9.17.1 Climatic test

9.17.1.1 Test chamber

The chamber shall be constructed as stated in IEC 60068-3-4. 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 $7,0 \pm 1,0$.

9.17.1.2 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: (55 ± 2) °C;
- number of cycles: 28.

9.17.1.3 Testing procedure

The test procedure shall be in accordance with IEC 60068-3-4 and IEC 60068-2-30.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the IC-CPD to the test according to 9.7.2.4, but only at $I_{\Delta n}$.

b) Conditioning

1) The IC-CPD connected as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position. IC-CPDs shall be supplied at rated voltage or, in the case of more than one rated voltage, at any one rated voltage.

2) Stabilizing period (see Figure 18).

The temperature of the IC-CPD shall be stabilized at $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$:

- either by placing the IC-CPD in a separate chamber before introducing it into the test chamber, or
- by adjusting the temperature of the test chamber to $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ after the introduction of the IC-CPD and by 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 5).

During the final hour, with the IC-CPD 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 h cycle (see Figure 19).

- #### i) The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.17.1.2. 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 19. During this period, the relative humidity shall be not less than 95 %. Condensation shall occur on the IC-CPD during this period. Care is taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

NOTE The condition that condensation occurs implies that the surface temperature of the IC-CPD is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity is higher than 95 %, if the thermal time-constant is low.

- #### 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 IC-CPD 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 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 18, 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 h cycle is completed.

9.17.1.4 Recovery

At the end of the cycles, the IC-CPD 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 IC-CPD shall not trip.

9.17.1.5 Final verification

Under the conditions of the tests specified in 9.7.2.4, the IC-CPD shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$ and shall not trip with a current of $I_{\Delta no}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break-time.

9.17.2 Test at a temperature of 45 °C

The IC-CPD is placed as for normal use on a dull black painted plywood support, about 20 mm thick.

IC-CPDs are tested as supplied by the manufacturer.

The assembly is placed in a heating cabinet.

Non-rewirable IC-CPDs are tested as delivered.

The IC-CPD is loaded with a current equal to the rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$, 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 IC-CPD not being operated.

Where Table 5 footnote h) applies, the test shall be performed at the maximum temperature of the plug.

IC-CPDs are supplied at the rated voltage or, in the case of more rated voltages, at any one rated 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 IC-CPD is allowed to cool down in the cabinet to approximately room temperature without current passing.

Under the conditions of tests specified in 9.7.2.4, the IC-CPD 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.

9.18 Resistance to ageing

The IC-CPD 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.

IC-CPDs 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 cracks 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 (according to IEC 62368-1:2023, 3.3.6.3), 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.

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

The IC-CPD is placed in an ambient temperature of $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and loaded with the rated current for a period of 168 h. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the voltage corresponding to the rated voltage of the IC-CPD or in the case of more than one rated voltage, at the voltage corresponding to the highest rated voltage. After this test, the IC-CPD in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

Where Table 5 footnote h) applies, the test shall be performed at the maximum temperature of the plug.

Under the test conditions specified in 9.7.2.4, the IC-CPD shall trip at a test current of $1,25 I_{\Delta n}$ and shall not trip with a current of $I_{\Delta no}$. 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 20.

9.19 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.*

Care is taken that the electrodes are clean, correctly shaped and correctly positioned before each test is started.

In case of doubt, the test is repeated, if applicable, on a new set of samples.

9.20 Test on pins provided with insulating sleeves

Compliance is checked according to the relevant insulating sleeve clause of the national standard. In the absence of a national standard, compliance of pins of IC-CPDs is checked according to Clause 30 of IEC 60884-1:2022.

9.21 Verification of the effects of strain on the conductors

The flexible cable or cord is connected to the IC-CPD 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 IC-CPD is remounted and fixed correctly.

9.22 Checking of the torque exerted by IC-CPDs on fixed socket-outlets

NOTE In the following countries, this test is not required: JP.

The IC-CPD is wired as manufactured or as intended for normal use and fitted with a relevant plug.

The equipment is inserted into a fixed socket-outlet complying with the relevant standard at a height of 1,5 m, the socket-outlet being pivoted about a horizontal axis through the axis of the live socket-outlet contacts at a distance of 8 mm behind the engagement face of the socket-outlet and parallel to this engagement face.

The torque exerted by the plug and the cable on a socket-outlet when installed such that the engagement face is vertical shall not exceed 0,25 Nm, unless this requirement does not apply in the standard of the plug and socket-outlet system declared by the manufacturer.

During the test, care should be taken to ensure that the flexible cable of the IC-CPD hangs freely.

9.23 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 15.

The function box of IC-CPDs according to 4.3.2 and 4.3.3 is tested as delivered.

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 for $6\text{ A} < I_n \leq 16\text{ A}$ and $U_e \leq 250\text{ V}$;
- 80 N for $6\text{ A} < I_n \leq 16\text{ A}$ and $U_e > 250\text{ V}$;
- 100 N for $I_n > 16\text{ A}$.

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 test pull. For rewirable accessories by the manufacturer, 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 IC-CPD an additional mark is made on the body of this part.

9.24 Flexing test of non-rewirable IC-CPDs

A flexing test is made by means of an apparatus as shown in Figure 16.

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 an appropriate way.

The IC-CPD 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 IC-CPDs with cables or cords having a nominal cross-sectional area not exceeding 2,5 mm²;
- 25 N for IC-CPDs with cables or cords having a nominal cross-sectional area exceeding 2,5 mm², but not exceeding 6 mm².

A current equal to the rated current of the IC-CPD or to the following current, whichever is the lowest, is passed through the conductors:

- 16 A for IC-CPDs with cables or cords having a nominal cross-sectional area exceeding 1,5 mm²;
- 10 A for IC-CPDs with cords having a nominal cross-sectional area of 1,5 mm².

The voltage between the conductors shall be the rated voltage of the IC-CPD or, in the case of more than one rated voltage, the highest rated 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 IC-CPD.

The voltage drop 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.

NOTE 3 The revision of this test is under consideration.

9.25 Verification of the electromagnetic compatibility (EMC)

9.25.1 Emission

The requirements of CISPR 14-1 apply.

9.25.2 Immunity

9.25.2.1 EMC immunity tests

EMC immunity tests shall be performed in accordance with Table 20.

Table 20 – EMC immunity tests

Electromagnetic phenomena	Test according to	Reference of basic standard for test description	Performance criteria	Requirements / Remarks
Standard low-frequency environmental conditions				
Radiated magnetic field	9.9 and 9.15		9.9 and 9.15	
Voltage dips	IEC 61543:2022, Table 1 -T1 IEC 61543:2022, 5.3.2	IEC 61000-4-11	B according to 9.25.2.2.2	Level 2: 0 % U_n during 1 cycle 70 % U_n during 25/30 cycles (50/60Hz)
Voltage interruptions	IEC 61543:2022, Table 1 -T1 IEC 61543:2022, 5.3.2	IEC 61000-4-11	C according to 9.25.2.2.3	Level 2: 0 % U_n during 250/300 cycles (50/60Hz)
High-frequency electromagnetic phenomena				
Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	IEC 61543:2022, Table 1 -T3 IEC 61543:2022, 5.3.3	IEC 61000-4-6	A according to 9.25.2.2.1	0,15 MHz to 80 MHz $Z = 150 \Omega$ Level 3: 10 V
Fast transients / bursts	IEC 61543:2022, Table 1 -T4 IEC 61543:2022, 5.3.4	IEC 61000-4-4	B according to 9.25.2.2.2	Level 4: supply side – 4 kV Level 3: load side – 2 kV Tr/Th 5/50 ns Repetition frequency of 5 kHz
Surges	IEC 61543:2022, Table 1 -T5a IEC 61543:2022, 5.3.5	IEC 61000-4-5	B according to 9.25.2.2.2	Tr/Th 1,2/50 μ s Common mode: 12 Ω^a – 4 kV Differential mode: 2 Ω^a – 2 kV
Surges	IEC 61543:2022, Table 1 -T5b IEC 61543:2022, 5.3.5	IEC 61000-4-5	C according to 9.25.2.2.3	Tr/Th 1,2/50 μ s Common mode: 12 Ω^a – 2 kV, 1 kV, 0,5 kV Differential mode: 2 Ω^a – 1 kV, 0,5 kV
Radiated radio-frequency electromagnetic field	IEC 61543:2022, Table 1 -T6 IEC 61543:2022, 5.3.6	IEC 61000-4-3	A according to 9.25.2.2.1	80 MHz to 1 GHz, 10 V/m 1,4 GHz to 6 GHz, 3 V/m
Conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz	IEC 61543:2022, Table 1 -T7 IEC 61543:2022, 5.3.7	Values derived from IEC 61000-4-16	A according to 9.25.2.2.1	Level 3
Standard electrostatic environmental conditions				
Electrostatic discharges	IEC 61543:2022, Table 1 -T8 IEC 61543:2022, 5.3.8	IEC 61000-4-2	C according to 9.25.2.2.3	Level 3 ± 8 kV air ± 6 kV contact

^a IEC 61000-4-5:2014, Annex C provides explanatory notes about source impedance values for surge tests.

9.25.2.2 Performance criteria

9.25.2.2.1 Performance criterion A

During the test, the IC-CPD shall remain closed when normal conditions are applied and shall trip when fault conditions are applied.

9.25.2.2.2 Performance criterion B

During the test, the IC-CPD shall not trip. After the test, compliance with relevant operating characteristics shall be checked.

9.25.2.2.3 Performance criterion C

During the test, the IC-CPD may trip. After the test, compliance with relevant operating characteristics shall be checked.

9.26 Tests replacing verifications of creepage distances and clearances

9.26.1 General

The tests in this Subclause 9.26 replace 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.

IC-CPDs 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 an IC-CPD shall be in accordance with the operating characteristics marked on the component and/or given in the data provided by the manufacturer.

9.26.2 Abnormal conditions

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

Compliance is checked by subjecting the IC-CPDs to a heating test under fault conditions as described in 9.26.3 and to a verification of protection against electric shock as prescribed in 9.4.

9.26.3 Temperature rise resulting from fault conditions

Unless otherwise specified, the tests are made on IC-CPDs while they are mounted, connected and loaded as specified in 9.6.

Examination of the IC-CPD and its circuit diagram shows 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 23 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 23 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 V.

NOTE 1 These distances can be determined by reference to Figure 24.

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 7 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 required 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 IC-CPD 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 IC-CPD with the requirements of the last two paragraphs of 9.26.3 (i.e. the two paragraphs before Table 21) 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 9.27.

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 in the tests b) and c). They may exceed those values in the test a).

After the tests a) to e) the IC-CPDs 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 9.4.

Table 21 – Maximum permissible temperatures under abnormal conditions

Parts of the IC-CPD	Maximum permissible temperature under specific abnormal conditions °C
Accessible parts Knobs, handles, accessible surfaces, enclosures, if:	
• metallic	100
• non-metallic ^a	100
	b
Internal surfaces of insulating enclosures	135
Supply cords and wiring insulation with ^{c, f} :	
• polyvinyl chloride or synthetic rubber	135
• natural rubber	135
Other insulations ^c :	
• thermoplastic materials ^d	e
• 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	165
• cellulose fillers	185
• mineral fillers	
– 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 ^d acting as support or as a mechanical barrier	e
Winding wires insulated with ^{c, f}	
• non-impregnated silk cotton, etc.	110
• impregnated silk cotton, etc.	135
• oleoresinous materials	170
• polyvinyl-formaldehyde or polyurethane resins	185
• polyester resins	190
• polyetherimide resins	215

Parts of the IC-CPD	Maximum permissible temperature under specific abnormal conditions °C
Core laminations	As for the relevant windings
Terminals and parts which may come into contact with cable insulation when installed	135
^a 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. ^b The admissible temperatures for the internal part of insulating enclosures are those indicated for the relevant insulating materials. ^c 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. ^d Natural rubber and synthetic rubbers are not considered as being thermoplastic materials. ^e Owing to their variety, it is not possible to specify permissible temperatures for thermoplastic materials. The matter is under consideration. ^f The possibility of raising the values for wires and cables insulated with heat-resistant polyvinyl chloride is under consideration.	

9.27 Verifications for single electronic components used in IC-CPDs

9.27.1 General

The following verifications shall be performed 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.

9.27.2 Capacitors

Capacitors shall comply with the requirements of IEC 60384-14:2023.

Relevant capacitor type shall be chosen according to IEC 60384-14:2023, 3.2.

9.27.3 Resistors and inductors

Resistors and inductors, whose short-circuiting or disconnection is likely to cause unsatisfactory results in the tests of 9.26, shall comply with the relevant safety requirements of IEC 62368-1. Tests already carried out on resistors and inductors complying with IEC 62368-1 are not required to be repeated.

9.28 Chemical loads

The tests for chemical loads are performed according to ISO 16750-5:2010, Table 1 required for "luggage compartment" and "mounting on the exterior" (columns C and D) on the complete assembled IC-CPD with the exclusion of cavity protection. The chemicals shall be applied to the IC-CPD enclosure or representable samples of the enclosure, including any marking labels, using a wiping application method. At the end of this test, the enclosure shall not show signs of deterioration or damage that would affect the environmental rating, accessibility to live parts, deterioration of the strain relief function, or other damage that results in a noncompliance with the requirements of this document. Additionally, the marking shall remain intact and legible after the test.

9.29 Heat test under solar radiation

The test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-5:2018, test Sa 2.

The IC-CPD shall be tested. If the same function box is used in combination with different cables and/or interconnecting plugs, these shall also be tested.

Conditions after the test for all tested components:

- requirements for protection against electric shock of 9.4 shall be fulfilled;
- there shall be no visible damage like cracks.

For the IC-CPD the following test applies:

- after the tests according to 9.7.2.4, the IC-CPD 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.

9.30 Resistance to ultra-violet (UV) radiation

This test applies only to all plastic materials for the function box enclosure exposed to UV during normal use (except attached components made of rubber and silicone). Representative samples of such parts shall be subjected to the following test:

The UV test is according to ISO 4892-2, method A, cycle 1, providing a total test period of 500 h. For enclosures constructed of synthetic materials compliance is checked by verification that the flexural strength (according to ISO 178) and Charpy impact (according to ISO 179-1) of synthetic materials have 70 % minimum retention.

The test shall be made on six test specimens of standard size according to ISO 178 and on six test specimens of standard size according to the ISO 179 series. The test specimens shall be made under the same conditions as those used for the manufacture of the enclosure concerned.

For the test carried out in accordance with ISO 178, the surface of the sample exposed to UV shall be turned face down and the pressure applied to the non-exposed surface.

For the test carried out in accordance with ISO 179-1 for materials whose impact bending strength cannot be determined prior to exposure because no rupture has occurred, not more than three of the exposed test specimens shall be allowed to break.

For compliance of enclosures constructed of metals entirely coated by synthetic material, the adherence of the synthetic material shall have a minimum retention of category 3 according to ISO 2409.

Samples shall not show cracks or deterioration visible to normal or corrected vision without additional magnification.

It is not necessary to carry out this test if the manufacturer of the IC-CPD can provide data from the synthetic material supplier to demonstrate that material of the same type and thickness or thinner complies with this requirement.

9.31 Damp and salt mist test for marine and coastal environments

9.31.1 Test for external metallic parts only

This test is applicable to external metallic parts of the IC-CPD.

The test comprises two identical 12-day periods.

Each 12-day period comprises:

- 5 cycles of 24 h each for the damp heat cycling test according to IEC 60068-2-30 (test Db) at $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ and relative humidity of 95 % and,
- 7 cycles of 24 h each for the salt mist test according to IEC 60068-2-11 (test Ka: salt mist), at a temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

9.31.2 Test criteria

After the test, the enclosure or samples shall be washed in running tap water for 5 min, rinsed in distilled or demineralised water then shaken or subjected to air blast to remove water droplets. The specimen under test shall then be stored under normal service conditions for 2 h.

Compliance is checked by visual inspection to determine that:

- *there is no evidence of iron oxide, cracking or other deterioration more than that allowed by ISO 4628-3 for a degree of rusting Ri1. However, surface deterioration of the protective coating is allowed. In case of doubt associated with paints and varnishes, reference shall be made to ISO 4628-3 to verify that the samples conform to the specimen Ri1;*
- *the mechanical integrity is not impaired;*
- *seals are not damaged.*

9.32 Vehicle drive-over

9.32.1 General

For IC-CPD classified in accordance with 4.6.2, this test is not applicable if the function box has in all axes a dimension larger than 0,25 m.

This test does not apply to the household plugs complying with the relevant national standards or complying with IEC 60884-1, nor does this test apply to industrial plugs complying with IEC 60309-1.

Function boxes intended for, or connected to, a length of cord greater than 0,3 m between the plug and the function box shall have adequate resistance to damage from being driven over by a vehicle.

Compliance is checked by the test mentioned in 9.32.2 and 9.32.3.

9.32.2 Test at crushing force 5 000 N

The function box wired with the minimum size cable of a type recommended by the manufacturer shall be placed on a concrete floor in a natural resting position. Each sample shall be placed in a different position as far as applicable. A crushing force of $(5\,000 \pm 250)$ N shall be applied by a conventional automotive tyre, P225/75R15 or an equivalent tyre suitable for the load, mounted on a steel rim and inflated to a pressure of $(2,2 \pm 0,1)$ bar. The wheel is to be rolled over the function box at a speed of (8 ± 2) km/h. The function box is to be oriented in a natural resting position before applying the force in a different direction for each sample. The function box under test shall be held or blocked in a fixed position so that it does not move substantially during the application of the applied force. For function boxes integrated into the plug, in no case is the force to be applied to the projecting pins.

9.32.3 Test at crushing force 11 000 N

The procedure described in 9.32.2 is to be repeated on additional samples, with an applied crushing force of $(11\,000 \pm 550)$ N using a conventional automotive tyre suitable for the load, and inflated to its rated pressure.

9.32.4 Performance after the tests

After the test in 9.32.2, the following conditions shall apply:

There shall be no severe cracking, breakage, or deformation to the extent that:

- live parts, other than exposed wiring terminals, or internal wiring are made accessible to contact by the standard test finger shown in Figure 32 (see 9.4);

- the integrity of the enclosure is defeated so that an acceptable mechanical or environmental (degree of) protection is not afforded to the internal parts of the function box, or polarisation of the function box is defeated;
- there is interference with the operation, function or installation of the function box;
- the function box does not provide adequate strain relief for the flexible cable;
- the creepage distances and clearances between live parts of opposite polarity, live parts and accessible dead or earthed metal are reduced below the values in Table 7;
- other evidence of damage that could increase the risk of fire or electric shock occurs;
- the function box does not comply with a repeated dielectric test in accordance with 9.5.3.

As a result of the test in 9.32.3, the IC-CPDs shall either comply with the requirements described in 9.32.4 or otherwise have been damaged to such an extent that they are no longer functional.

9.33 Low storage temperature test

The test shall be performed according to IEC 60068-2-1, test A, at a temperature of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a duration of 24 h.

During the storage the IC-CPD is not under operation.

After this test the IC-CPD is allowed to warm up in the cabinet to approximately room temperature.

Under the conditions of tests specified in 9.7.2.4, the IC-CPD shall trip with a test current of $1,0 I_{\Delta n}$. One test only is made, on one pole taken at random, without measurement of break-time.

NOTE The test is in accordance with 5.1.1.1 of ISO 16750-4:2010, with a modified profile.

9.34 Vibration and shock test

Conformity shall be tested according to IEC 60068-2-64, random vibration test.

The test shall be applied for 8 h for each plane of the IC-CPD. PSD shall be applied according to Table 22.

The RMS acceleration value shall be 2 G.

Table 22 – PSD value depending on frequency for vibration testing

Frequency Hz	Power spectral density	
	$(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$	G^2/Hz
10	9,909	0,103 2
55	3,224 5	0,033 6
180	0,123 8	0,001 3
300	0,123 8	0,001 3
360	0,069 5	0,000 7
1 000	0,069 5	0,000 7

After this test, the shock test shall be performed according to IEC 60068-2-27 with the following test parameters:

- number of shocks: 10;
- pulse shape: half sinusoidal waveform;
- acceleration: 100 m/s²;
- duration: 16 ms.

NOTE 1 This covers shocks which are being absorbed in a car such as when driving over curbstones.

NOTE 2 The test is in accordance with 4.2.3 of ISO 16750-3:2012, with a modified test profile.

After the test the IC-CPD 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 9.4.

9.35 Verification of insulating parts which keep live parts in position

A force of 10 N is applied using the standard test finger (Figure 32) to the insulating parts inside the IC-CPD retaining live parts in position. The resulting movement, if any, shall not create a hazard, e.g., reduction of clearance distances.

9.36 Verification of the thermal control device

The intention of the test is to prove the functionality of the detection and switch-off function in case of excessive heating of the IC-CPD household plug.

The general test conditions of 9.2 apply.

The IC-CPD is tested as for normal use with its cables, plugs and connectors. The household plug shall be placed in a test chamber (see Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005) that provides a continuous and homogenous temperature transition. The test arrangement is shown in Figure 35. The household plug of the IC-CPD or the socket-outlet shall be fixed on a vertical support. The IC-CPD is supplied at the rated voltage by suitable means (e.g. socket-outlet).

The function box and the vehicle connector can be placed outside of the test chamber.

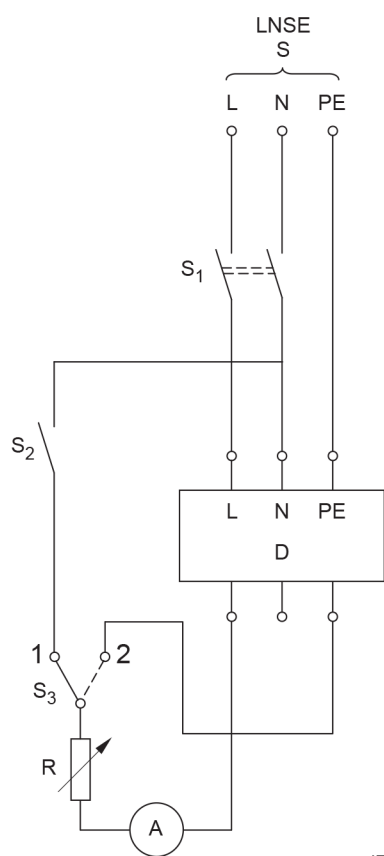
Test sequence 1:

- The contacts shall be activated by using the control pilot transition from state B to state C (closing of contacts).
- The temperature within the test chamber is set to 60 °C and shall be increased with a rate of 5 K/h.
- The IC-CPD shall switch off when the temperature of the current carrying parts of the plug reaches 70 °C.

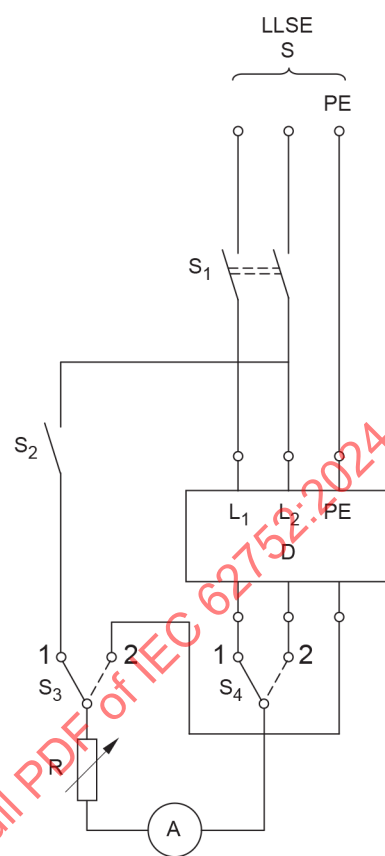
Test sequence 2:

- The thermal sensor shall be deactivated or disconnected.
- The charging shall stop or not be possible.

For all test sequences according 9.36, the same behaviour of the IC-CPD is applicable when using communication according to ISO 15118.



IEC

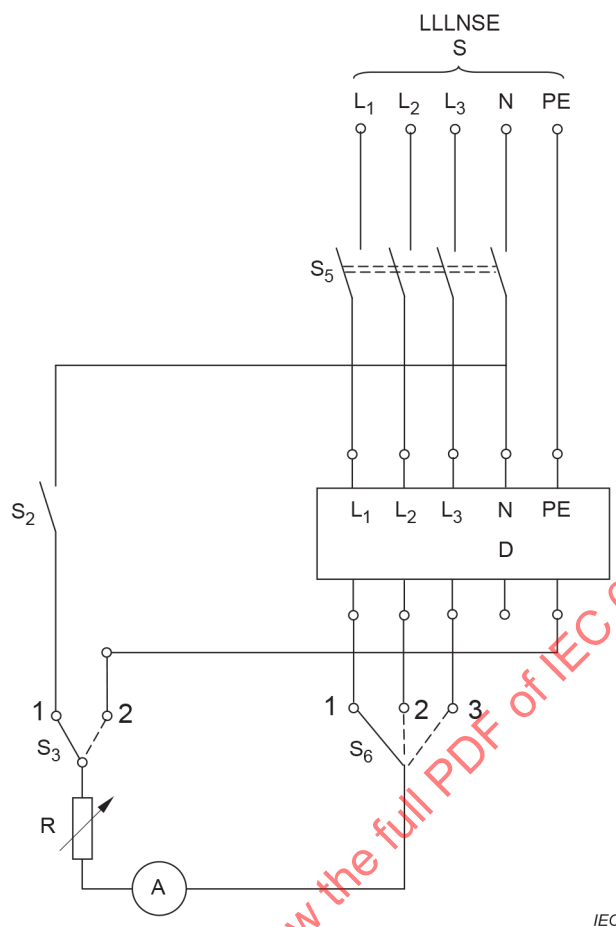


IEC

NOTE The position of L and N from the supply voltage S is chosen at random.

a) Type LNSE / LNE

b) Type LLSE / LLE



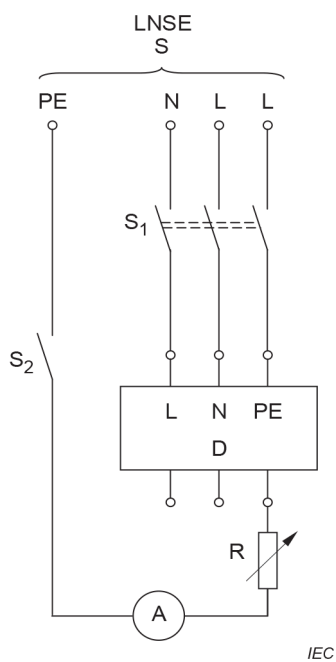
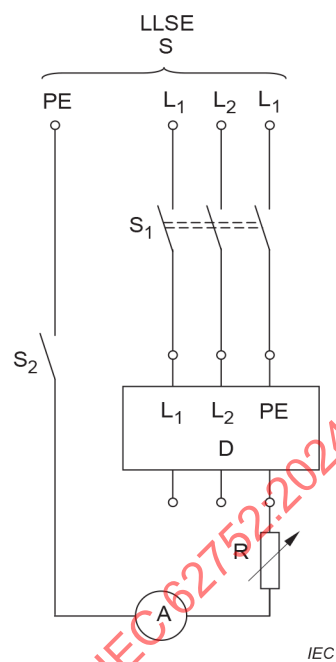
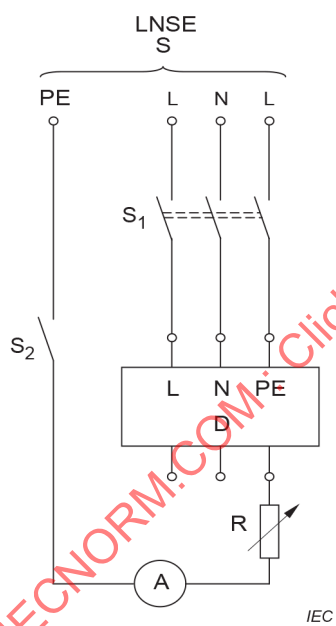
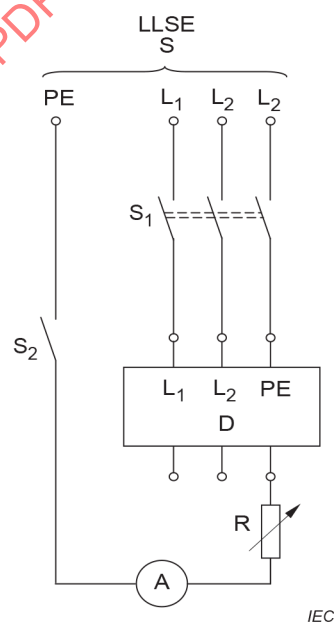
IEC

c) Type LLLNSE / LLLNE

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
S ₁	two-pole switch
S ₂	single-pole switch
S _{3,4}	two-way switch
S ₅	four-pole switch
S ₆	three-way switch

Figure 1 – Test circuit for the verification of operating characteristic (9.7.2)

**a) Type LNSE****b) Type LLSE****c) Type LNSE****d) Type LLSE**



e) Type LLLNSE



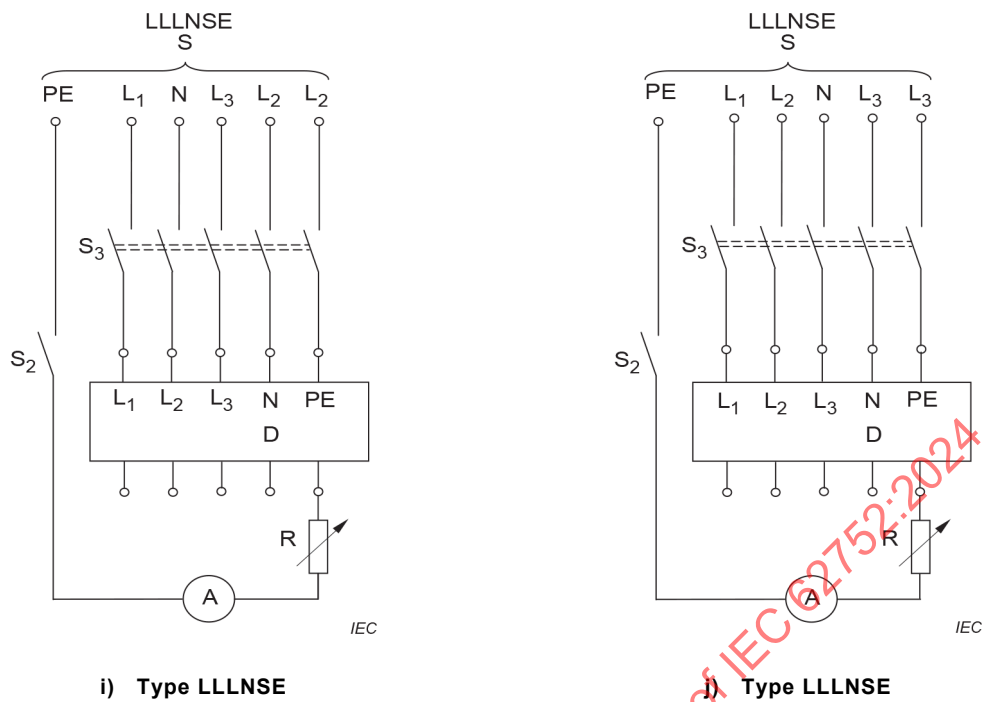
f) Type LLLNSE



g) Type LLLNSE



h) Type LLLNSE

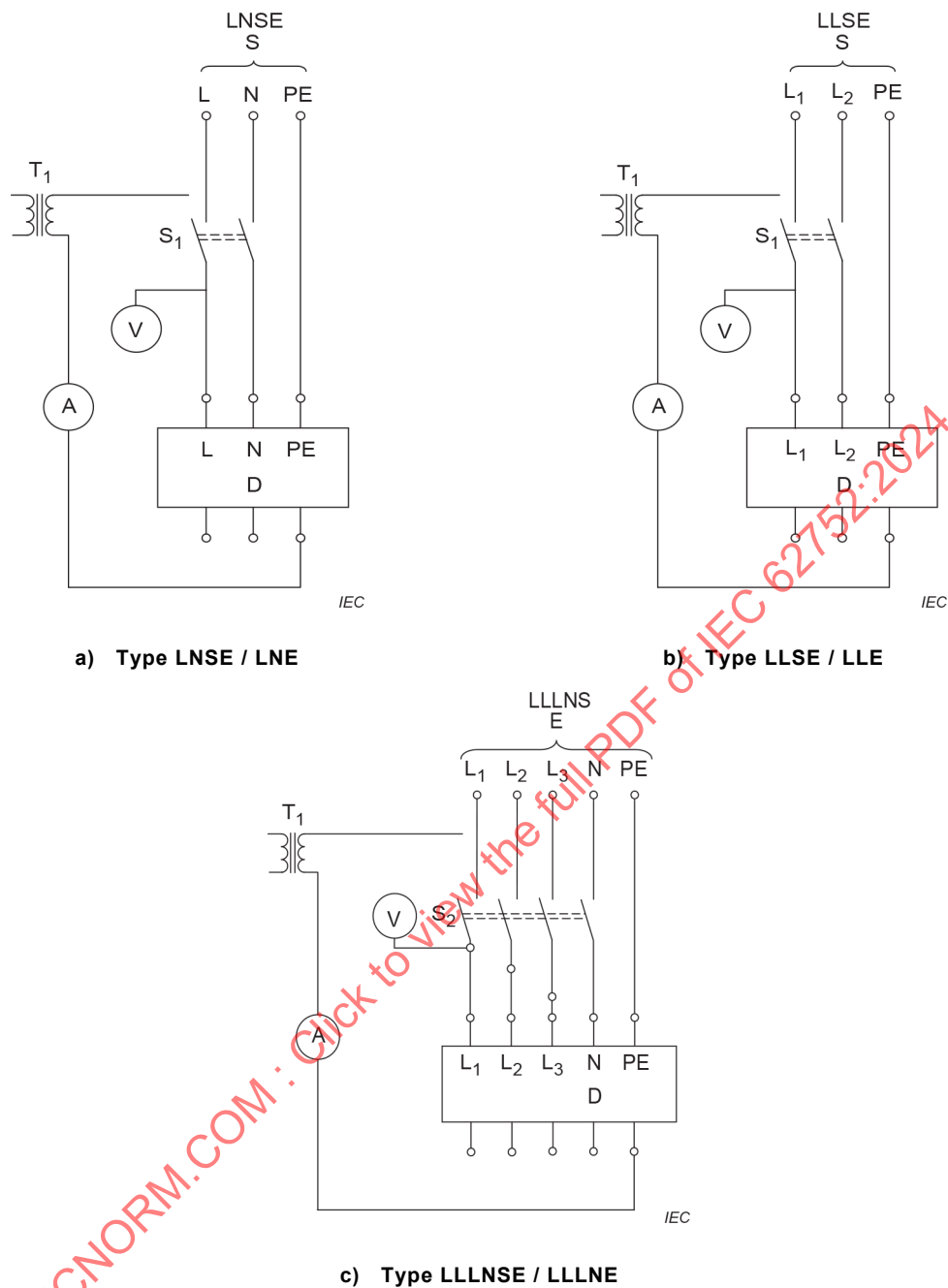


Key

- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- R variable resistor (adjust for $I_{\Delta n}$)
- D device under test
- S supply (for LNSE types line and neutral)
- A ammeter
- S_1 three-pole switch
- S_2 single-pole switch momentary
- S_3 five-pole switch

LNSE types: For Figure 1 a) and Figure 1 c), see 9.7.6.2.

Figure 2 – Verification of correct operation for hazardous live PE
(see Table 14 and Table 15)



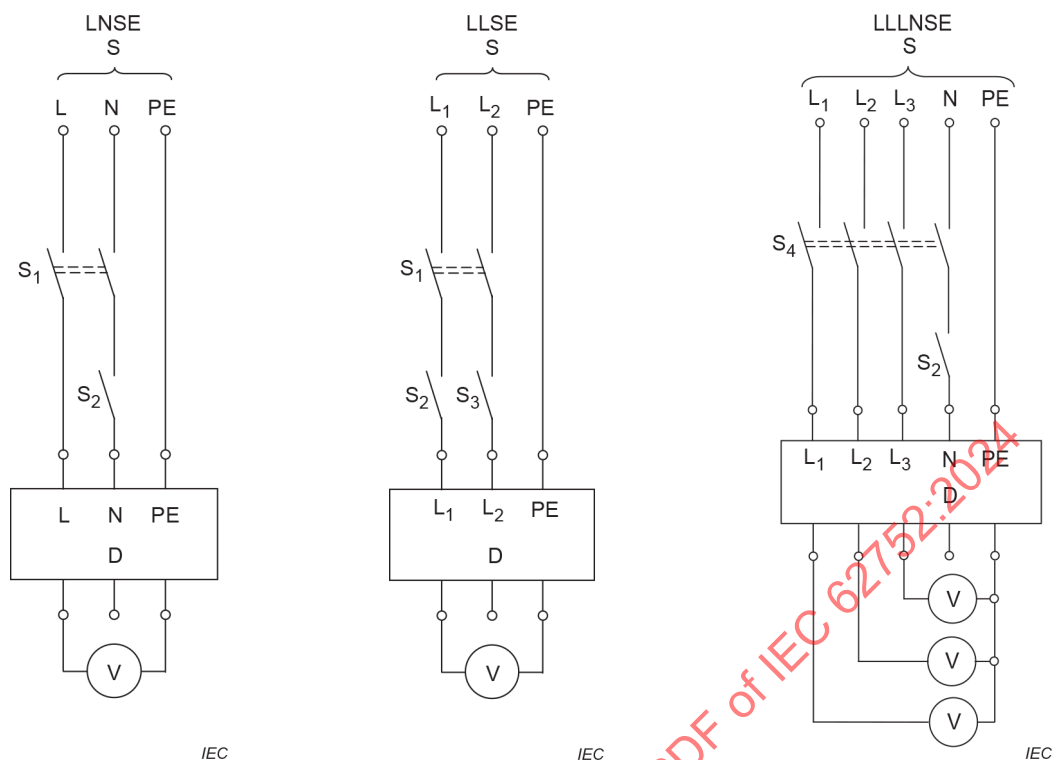
Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
D	device under test
T ₁	variable current injection transformer 0 A to 20 A
A	AC ammeter 0 A to 20 A
V	voltmeter
S ₁	two-pole switch
S ₂	four-pole switch momentary
S	supply (for LNSE types line and neutral)

See 9.6.3.

Samples with the trip circuit disabled may be required for this test.

Figure 3 – Verification of temperature rise of the protective conductor



a) Type LNSE / LNE

b) Type LLSE / LLE

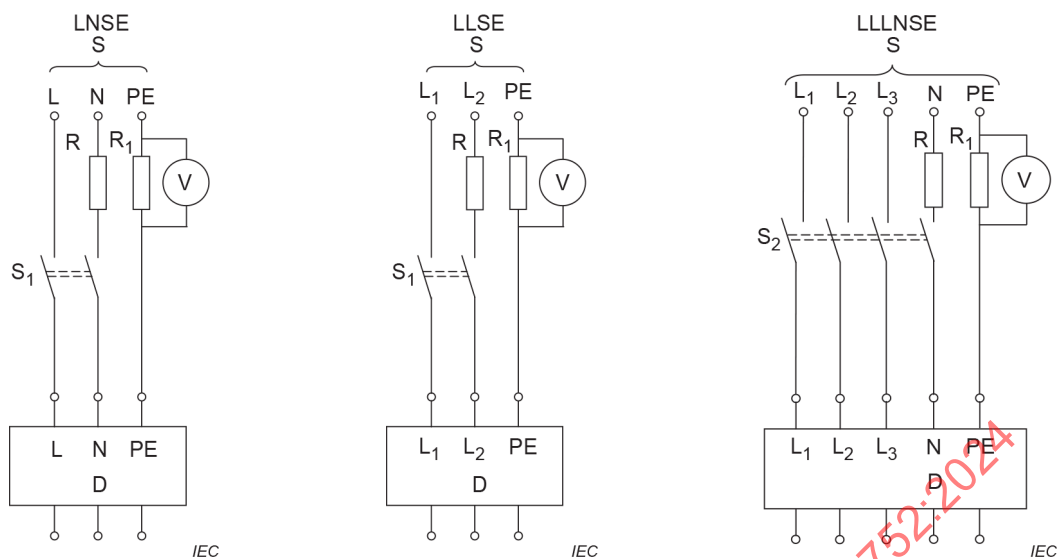
c) Type LLLNSE / LLLNE

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
 $S_{2,3}$ single-pole switch
 S_4 Four-pole switch
 V voltmeter(s)

See 9.7.3.2

Figure 4 – Verification of open neutral for LNSE types, and open line for LLSE types



a) LNSE / LNE type

b) LLSE / LLE type

c) LLLNSE / LLLNE type

Key

PE protective conductor

L line

N neutral

S_1 two-pole switch

S_2 four-pole switch

D device under test

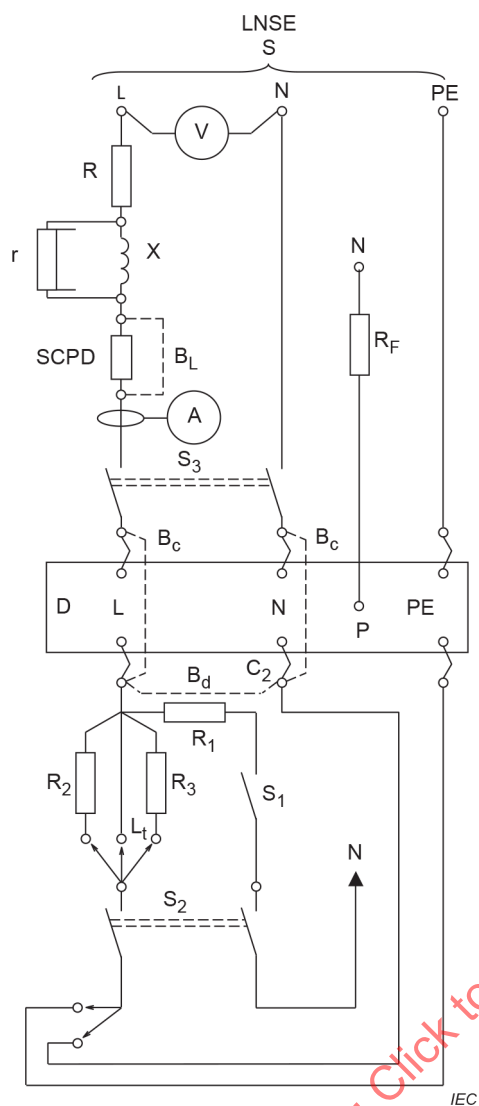
S supply (for LNSE types line and neutral)

V voltmeter RMS

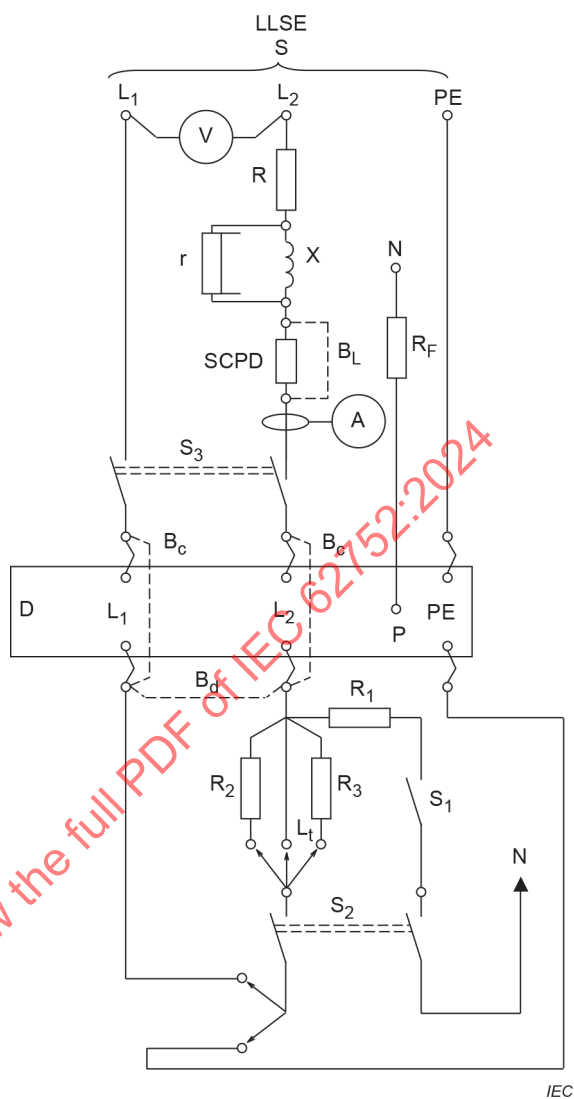
R, R_1 $1,0 \, \Omega \pm 1 \, \%$

See 9.7.9.

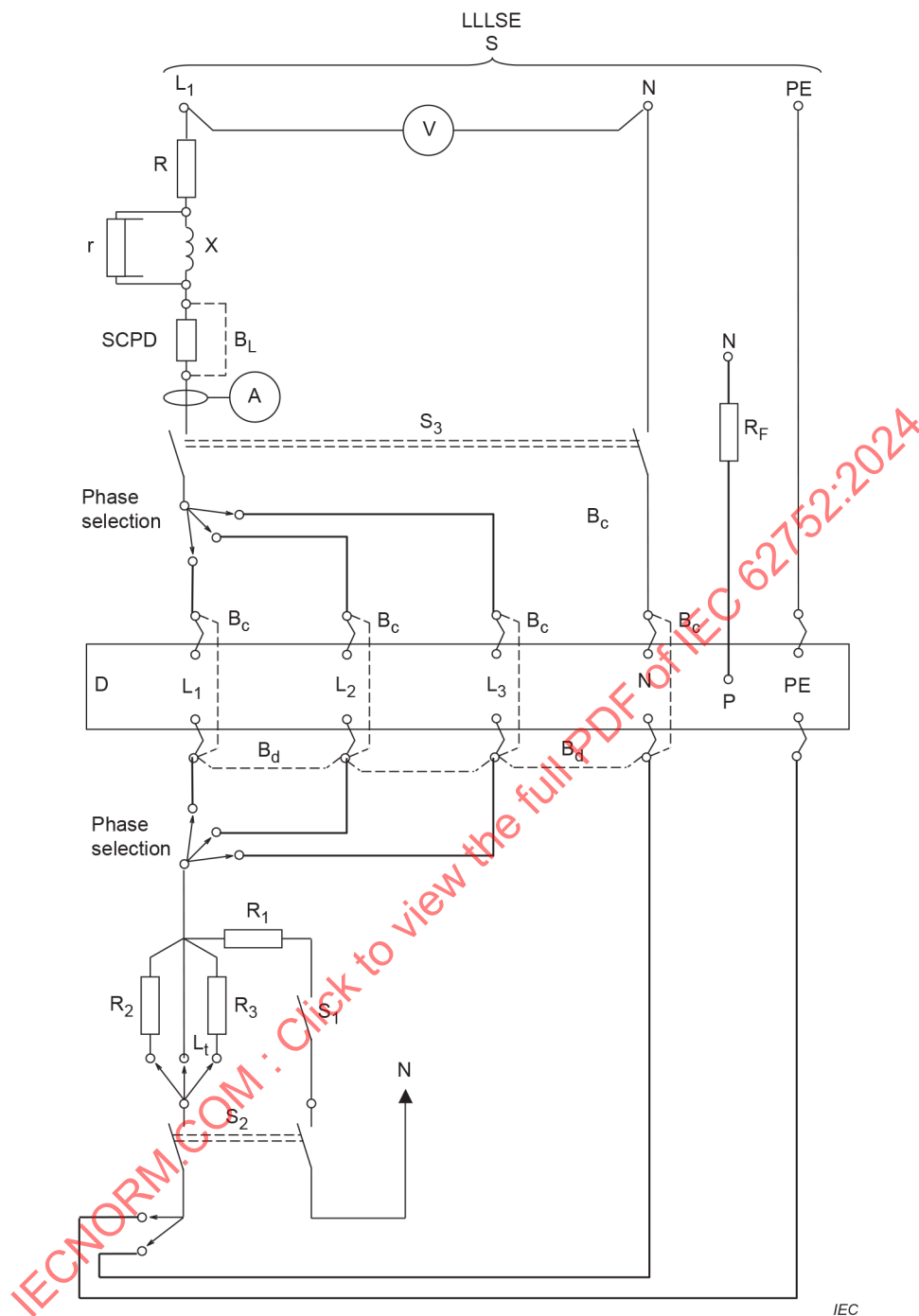
Figure 5 – Verification of a standing current in the protective conductor in normal service



a) LNSE / LNE types



b) LLSE / LLE types



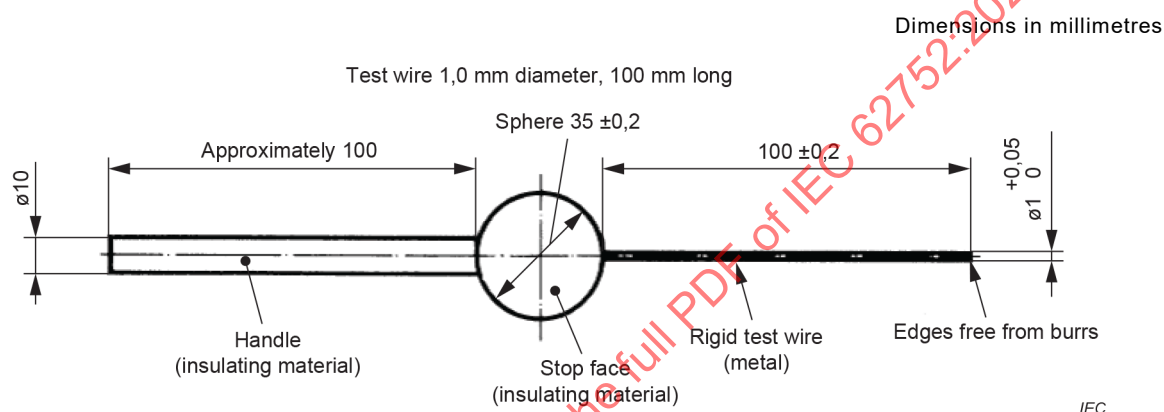
c) LLLNSE / LLLNE type

Key

- PE protective conductor
- L line
- N neutral
- S test supply for rated voltage
- V oscillogram element to record voltage
- R and X resistor and reactor, adjusted to I_{nc}
- r shunt resistor
- SCPD silver wire, fuse or circuit breaker
- B_L bridging link for SCPD (closed during calibration and I_m , $I_{\Delta m}$ tests; open during I_{nc} , $I_{\Delta c}$, I_m conditional tests)
- A oscillogram element to record current
- S_3 switch for making the CO test of a unit with automatic closing
- D device under test

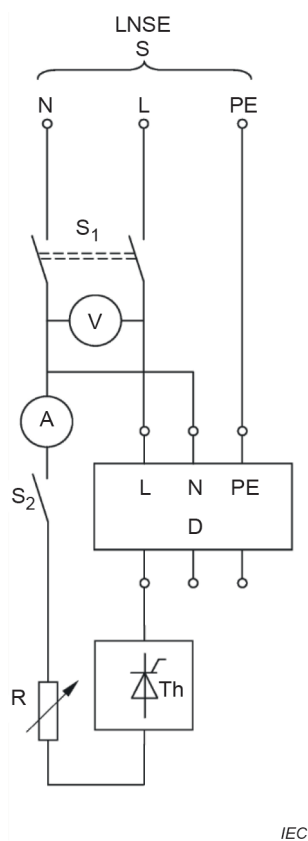
- B_c temporary IC-CPD bridging connections for calibration
 B_d temporary IC-CPD load terminals bridging connections for calibration of I_{nc}
 R_1 resistor to give $10 \times I_{\Delta n}$
 S_1 switch to insert R_1 for I_m test
 R_2 resistor adjusted to I_m (and $I_{\Delta m}$)
 R_3 resistor to give 250 A
 S_2 switches to initiate O tests, left closed for CO tests
 L_t load terminal
 R_F Current limiting resistor with the device for the detection of a fault current
 Arrows at S_2 terminals alternative connections as specified for various test

Figure 6 – Test circuit for the verification of the making and breaking capacity and the short-circuit coordination with an SCPD (see 9.9.2)

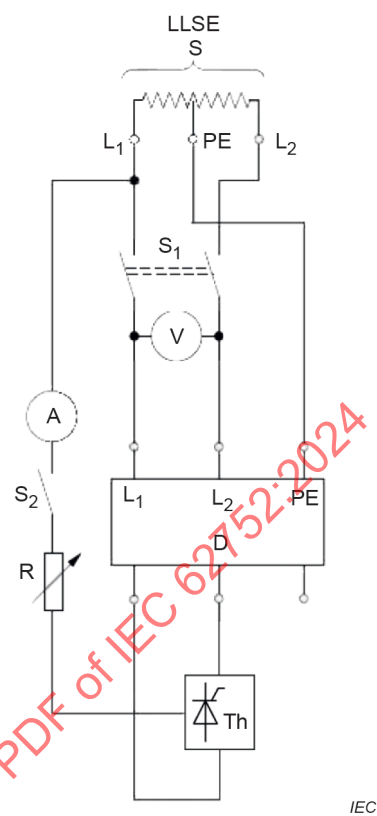


Test force: 1 N ± 10 %

Figure 7 – Standard test wire 1,0 mm

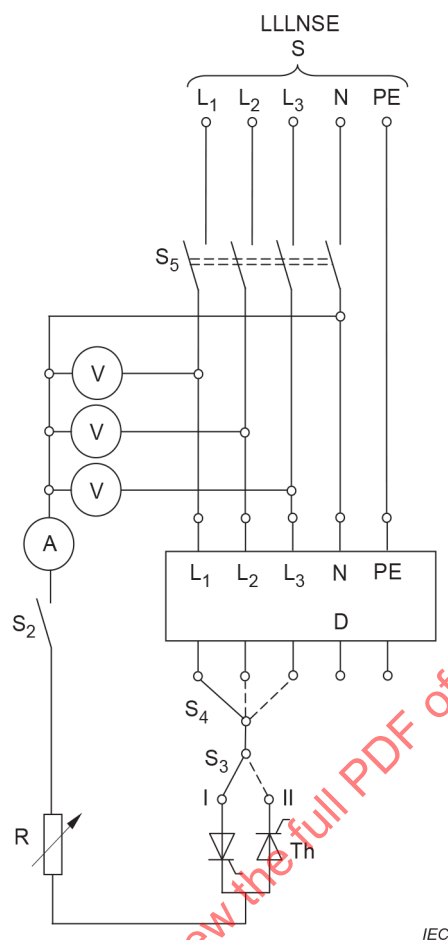


a) LNSE / LNE types



b) LLSE / LLE types

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

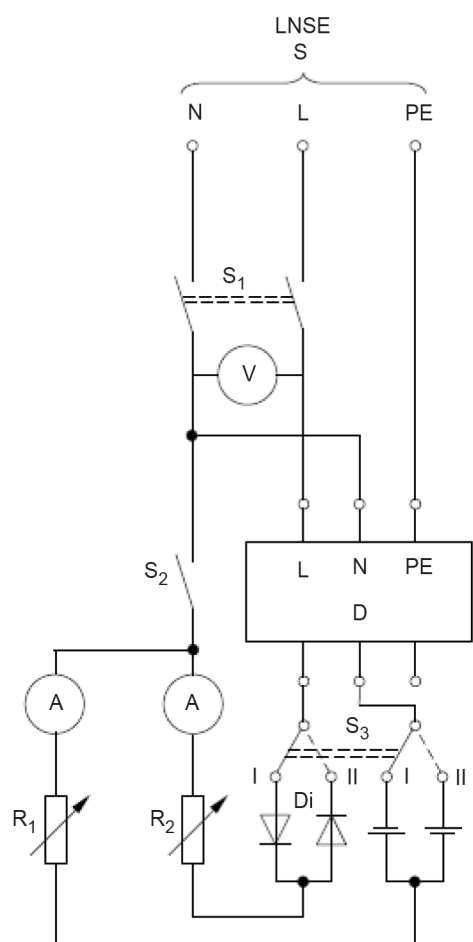


c) LLLNSE / LLLNE types

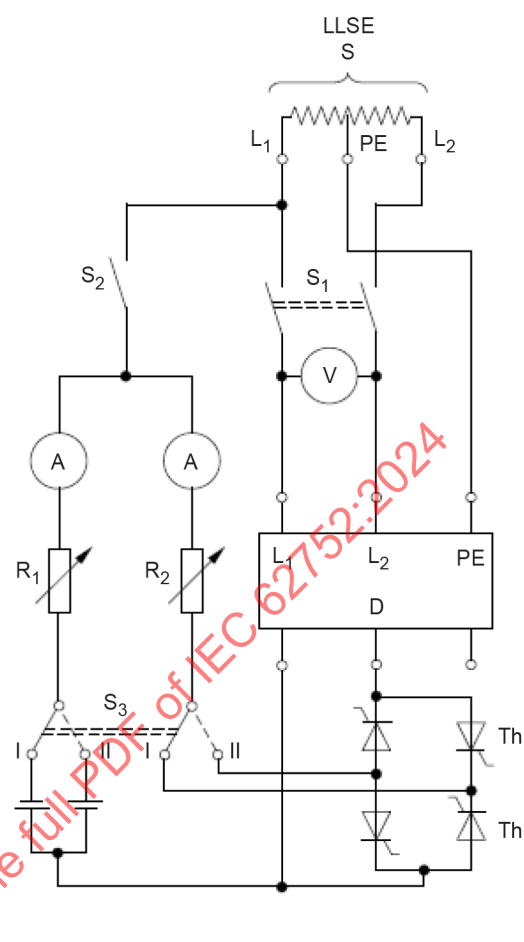
Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
S	supply
V	voltmeter
A	ammeter (measuring RMS values)
D	device under test
R	variable resistor
Th	thyristor
S ₁	two-pole switch
S ₂	single-pole switch
S ₃	two-way switch
S ₄	three-way switch
S ₅	four-pole switch

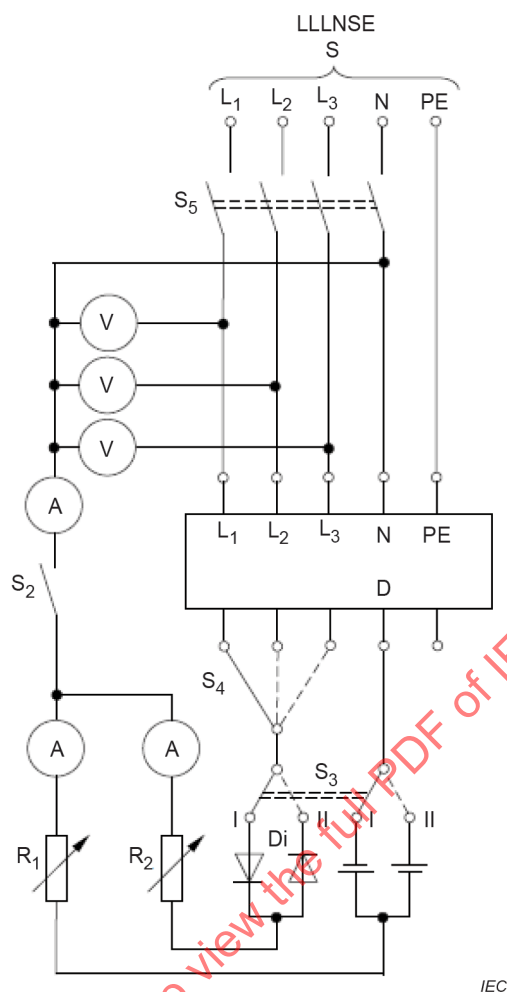
Figure 8 – Test circuit for the verification of the correct operation in the event of residual pulsating direct currents (see 9.7.3)



a) LNSE / LNE types



b) LLSE / LLE types



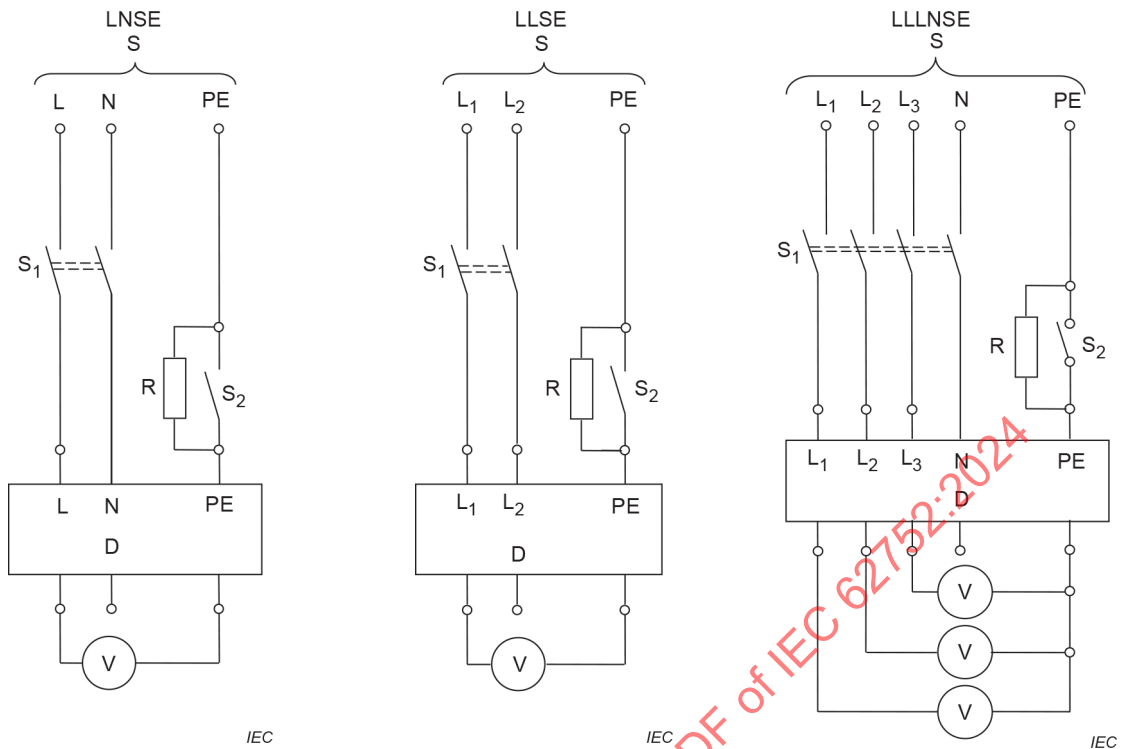
IEC

c) LLLNSE / LLLNE types

Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
S	supply
V	voltmeter
A	ammeter (measuring RMS values)
D	Device under test
R	variable resistor
Di	diode
S ₁	two-pole switch
S ₂	single-pole switch
S ₃	two-pole two-way switch
S ₄	three-way switch
S ₅	four-pole switch

Figure 9 – Test circuit for the verification of the correct operation in the event of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current (see 9.7.3.3)



a) Type LNSE

b) Type LLSE

c) Type LLLNSE

Key

PE protective conductor

L line

N neutral

D device under test

S supply

S_1 two-pole switch or four-pole switch, as applicable

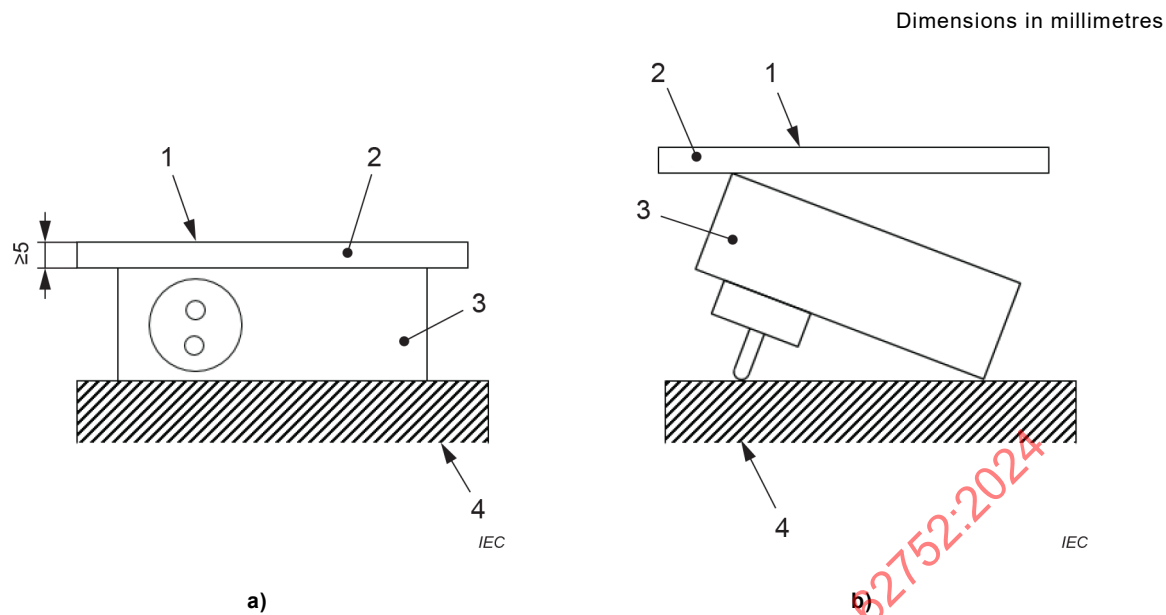
S_2 single-pole switch

V voltmeter

R resistor 1 600 Ω

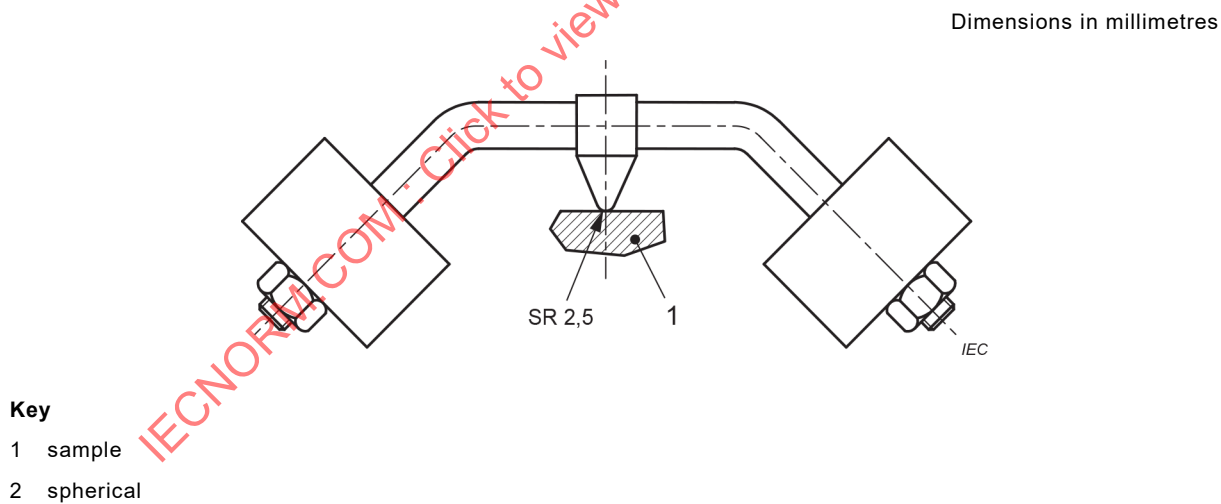
NOTE For LLSE types a supply neutral connection can be connected for reference.

Figure 10 – Verification of open protective conductor (see 9.7.6.4)

**Key**

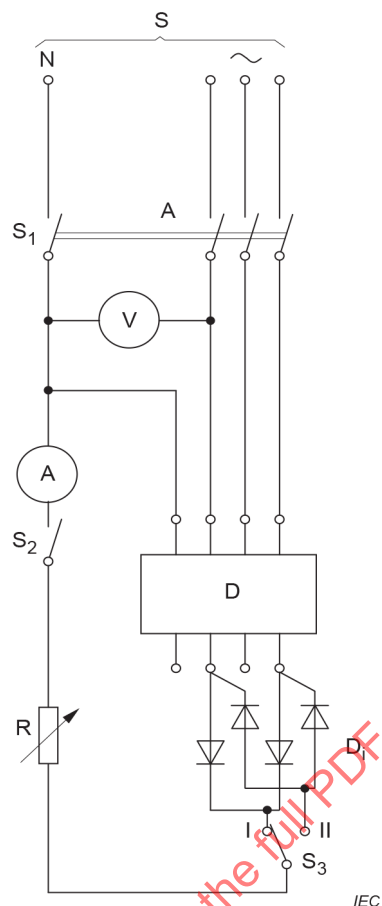
- 1 force
- 2 steel pressure plate
- 3 plug-portion of the sample
- 4 steel base

**Figure 11 – Arrangement for compression test
for verification of protection against electric shock**

**Key**

- 1 sample
- 2 spherical

Figure 12 – Ball-pressure test apparatus



Key

Point A supply by 2 phases chosen at random

S supply

V voltmeter

A ammeter (measuring RMS values)

D device under test

D_i diodes

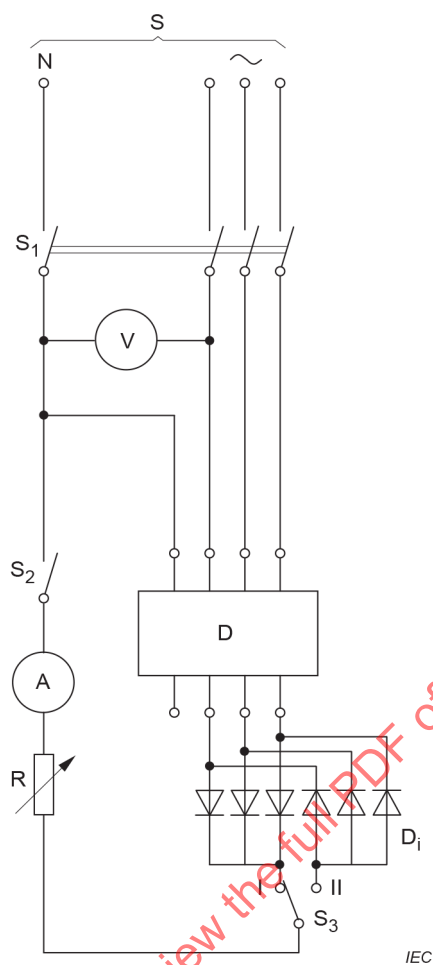
R variable resistor

S_1 multi-pole switch

S_2 single-pole switch

S_3 two-pole switch

Figure 13 – Test circuit for IC-CPD according to 4.1.2 to verify the correct operation in the event of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from two phases

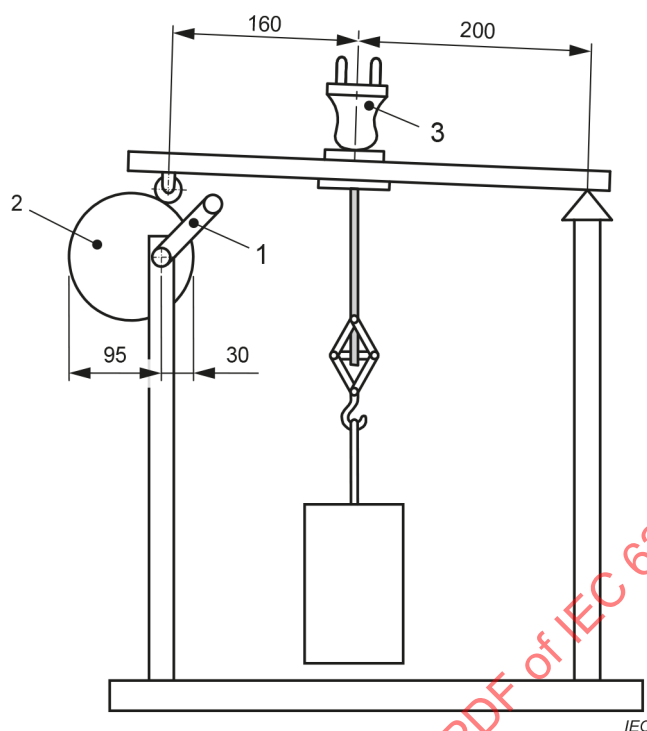


Key

- | | |
|-------|--------------------------------|
| S | supply |
| V | voltmeter |
| A | ammeter (measuring RMS values) |
| D | device under test |
| D_i | diodes |
| R | variable resistor |
| S_1 | multi-pole switch |
| S_2 | single-pole switch |
| S_3 | two-way switch |

Figure 14 – Tests circuit for IC-CPD according to 4.1.3 to verify the correct operation in the event of residual pulsating direct currents which may result from rectifying circuits supplied from three phases

Dimensions in millimetres

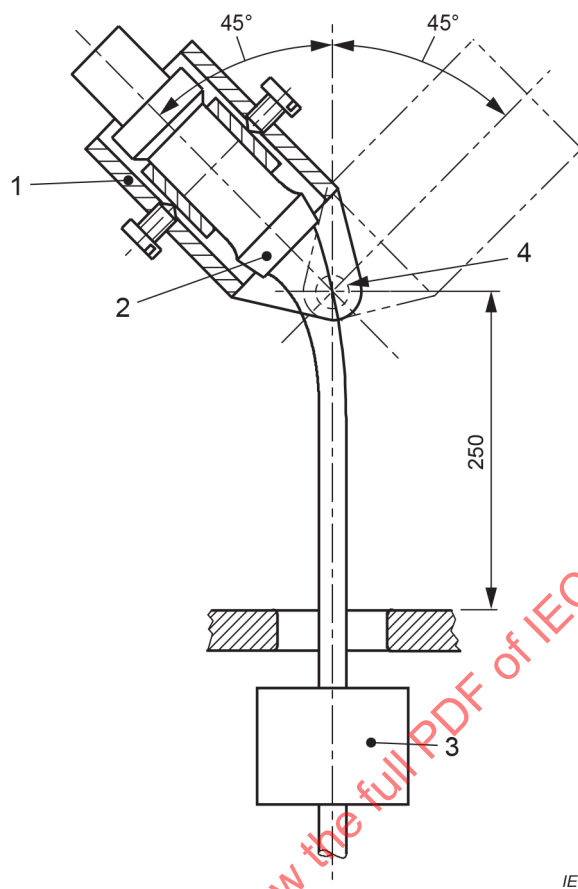


Key

- 1 crank
- 2 eccentric
- 3 sample

Figure 15 – Apparatus for testing the cord retention

Dimensions in millimetres

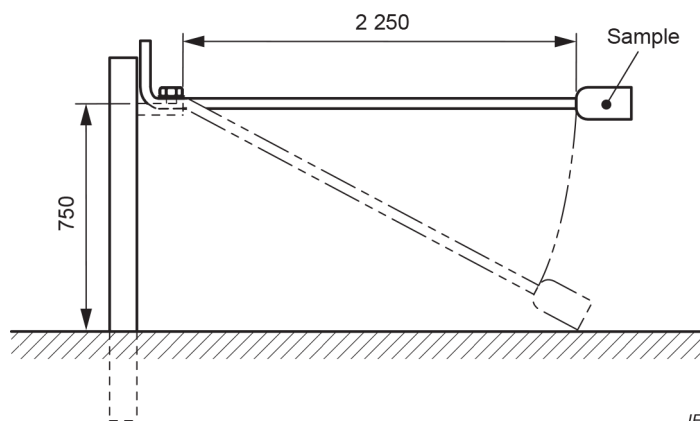
**Key**

- 1 device for fixing the sample
- 2 sample
- 3 weight
- 4 axis of oscillation

An adjustment of the different supports for the accessories by means of a threaded spindle shall be provided as per the explanation in 9.24.

Figure 16 – Apparatus for flexing test

Dimensions in millimetres

**Figure 17 – Arrangement for mechanical strength test on IC-CPDs provided with cords (9.10.4)**

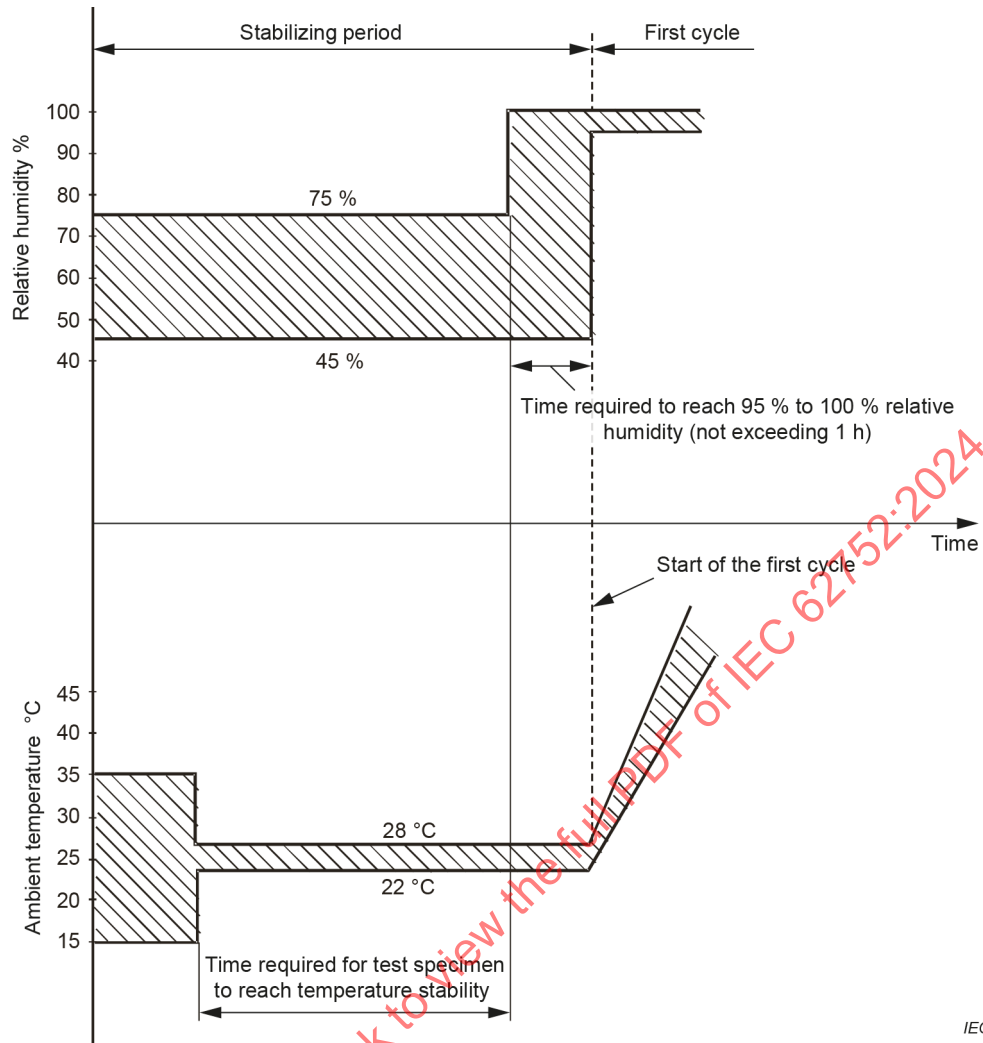


Figure 18 – Stabilizing period for reliability test (9.17.1.3)

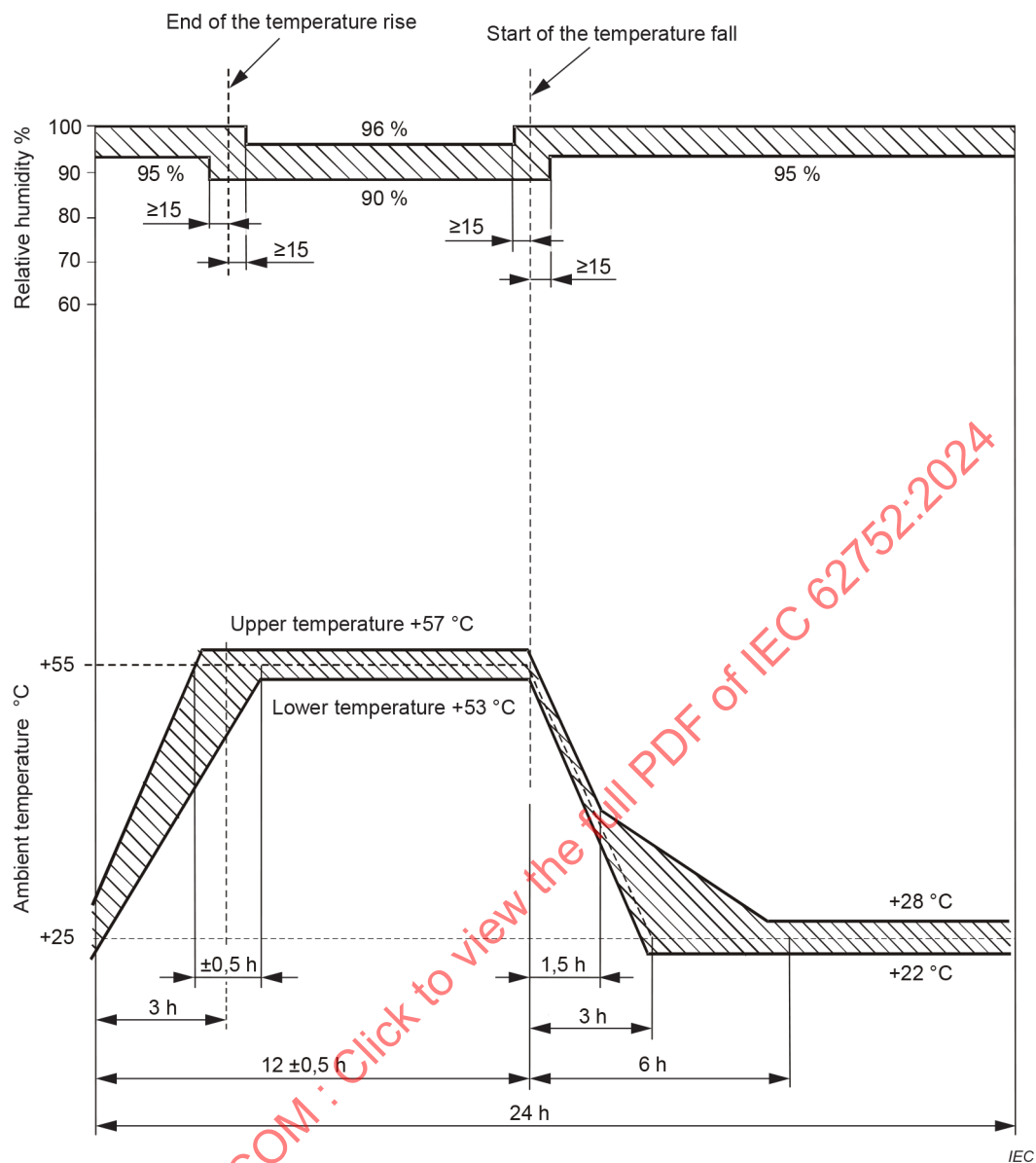
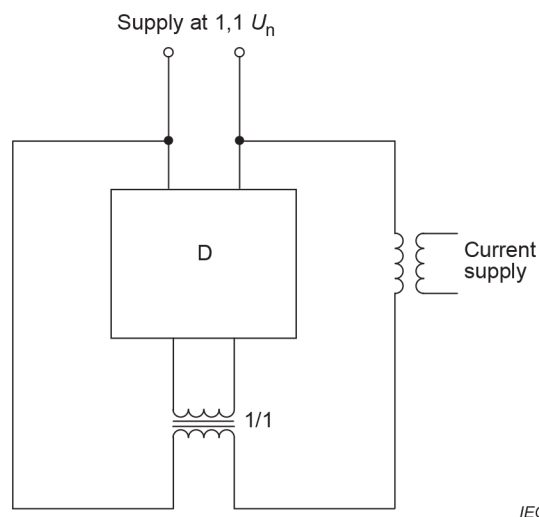


Figure 19 – Reliability test cycle (9.17.1.3)

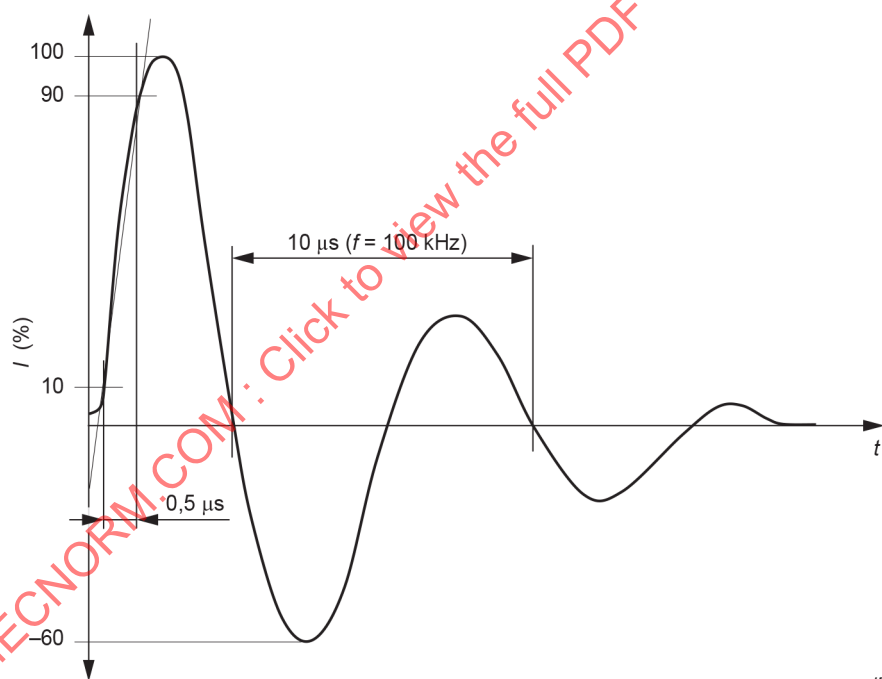


IEC

Key

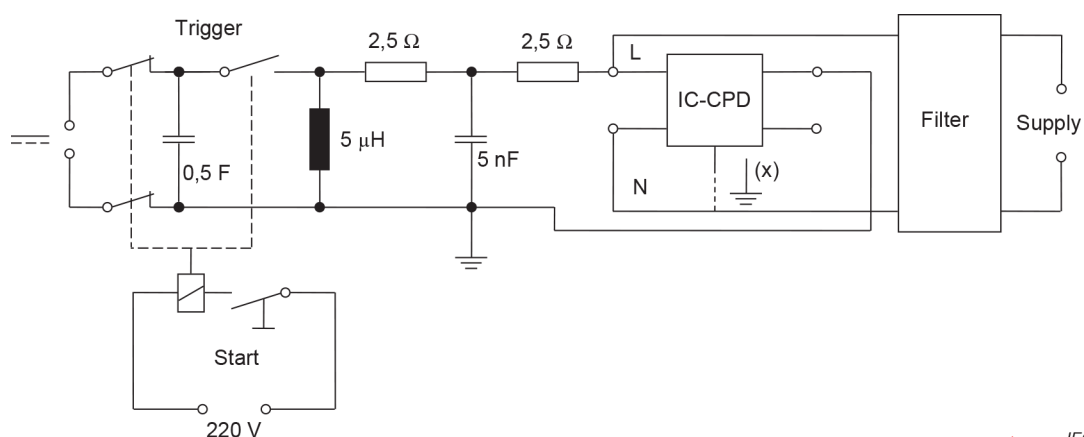
D IC-CPD under test

Figure 20 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.18)



IEC

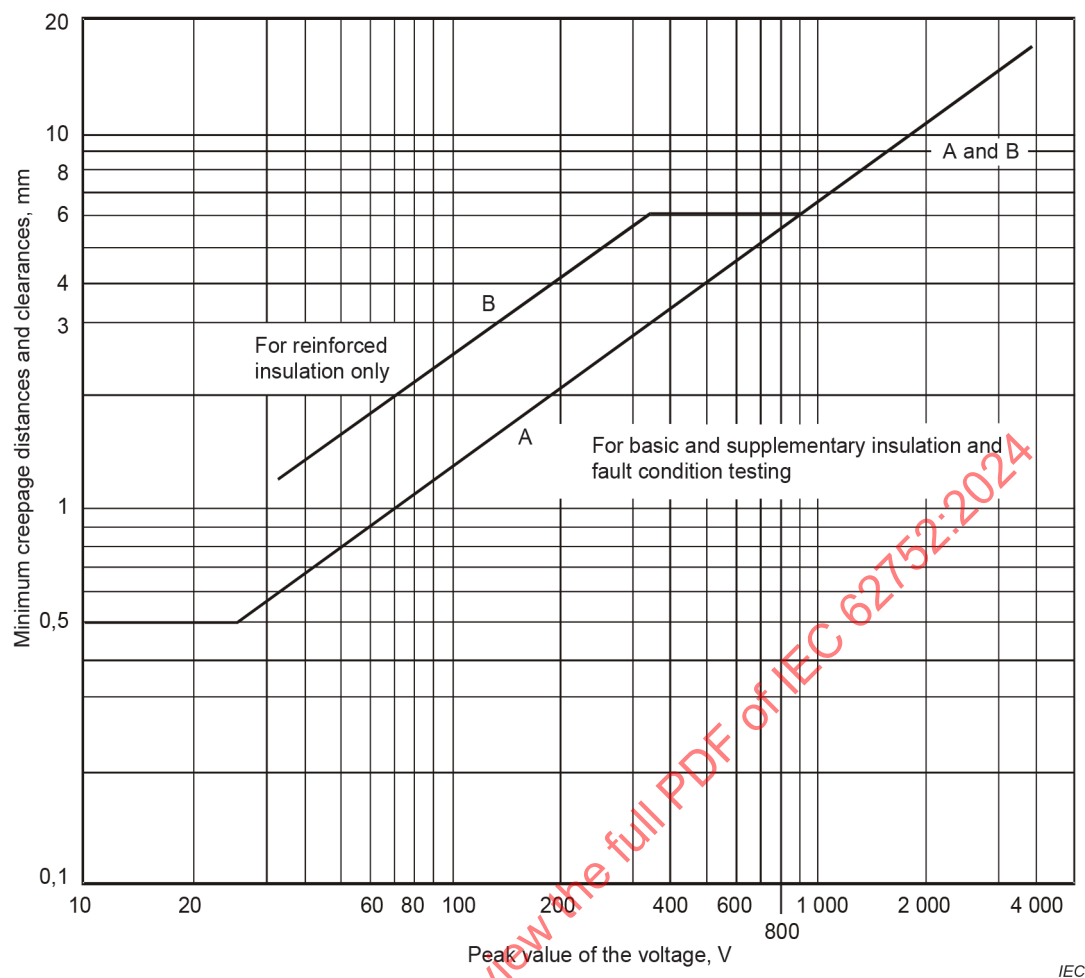
Figure 21 – Current ring wave $0,5 \mu s/100 \text{ kHz}$



NOTE (x) Earthing terminal connected to the neutral conductor if marked on the IC-CPD

Figure 22 – Example of test circuit for the verification of resistance to unwanted tripping

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024



NOTE 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 to 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 23 – Minimum creepage distances and clearances
as a function of peak value of voltage (see 9.26.3 a))**

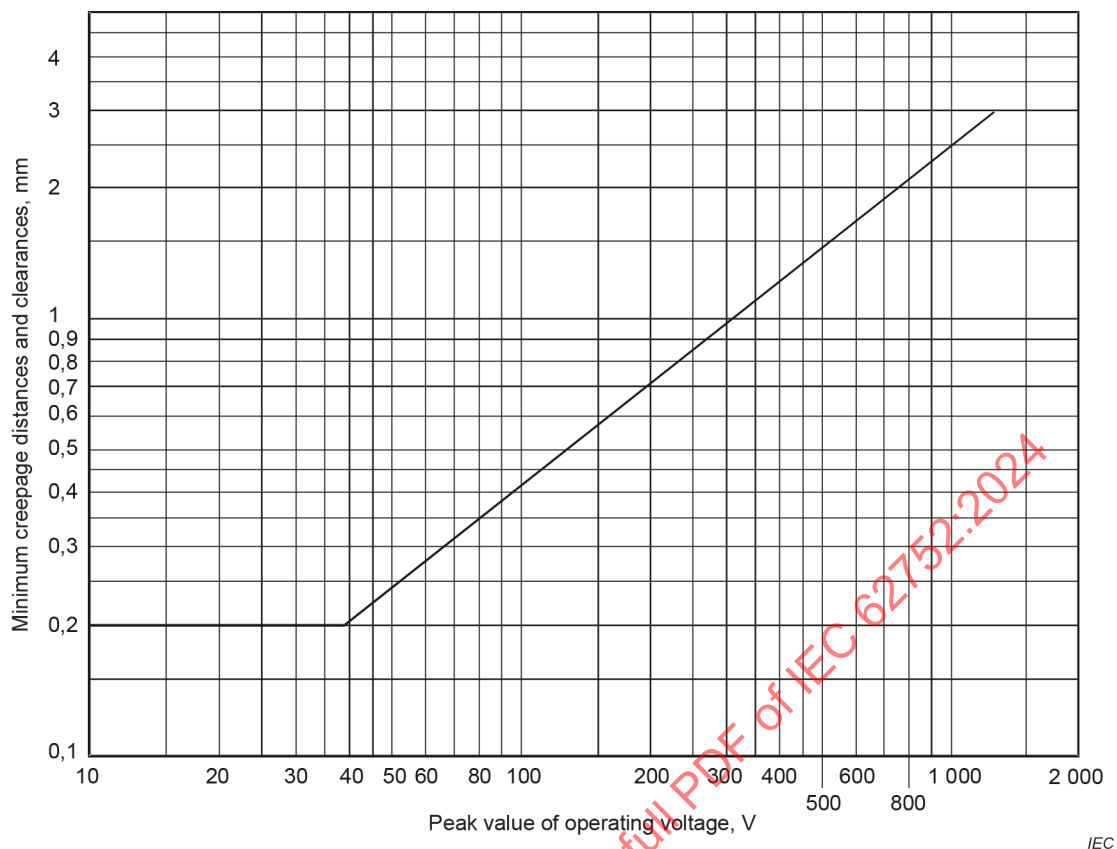


Figure 24 – Minimum creepage distances and clearances as a function of peak value of operating voltage (see 9.26.3 a))

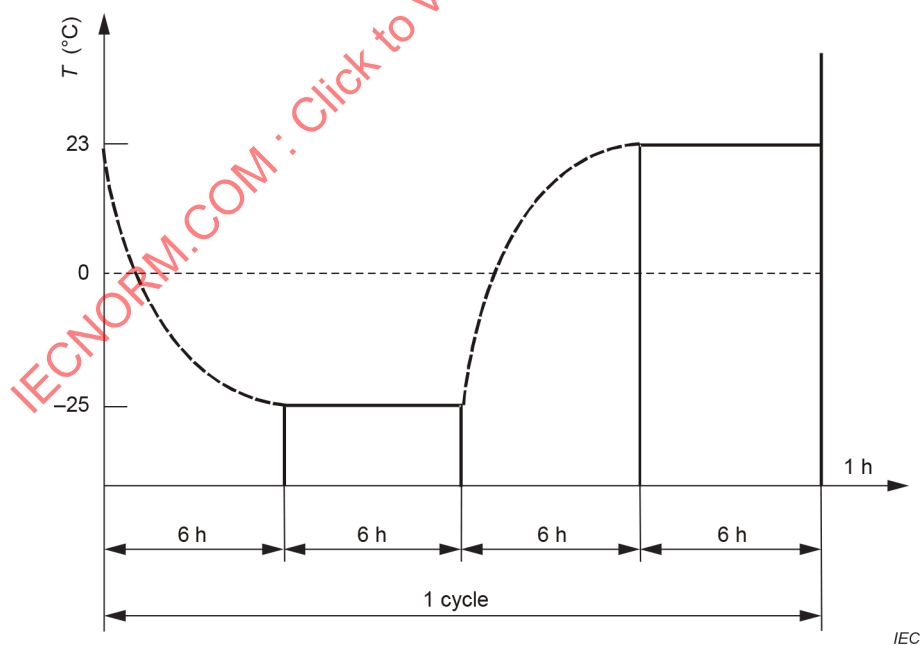
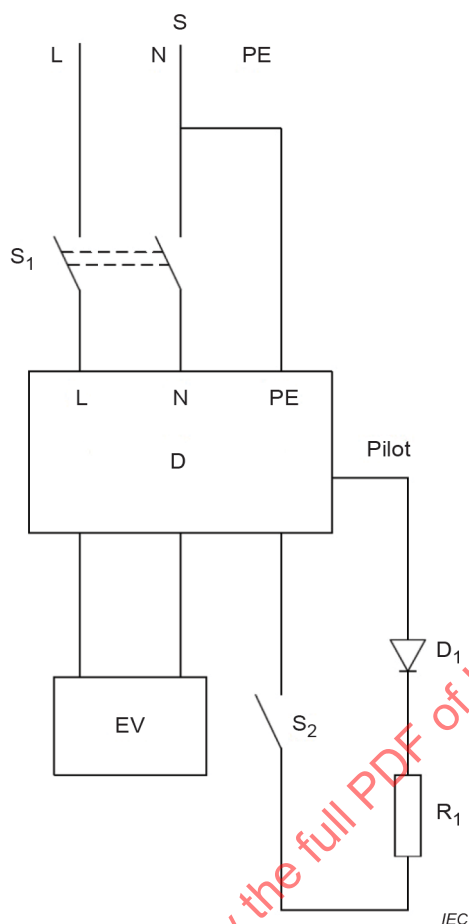


Figure 25 – Test cycle for low temperature test



Key

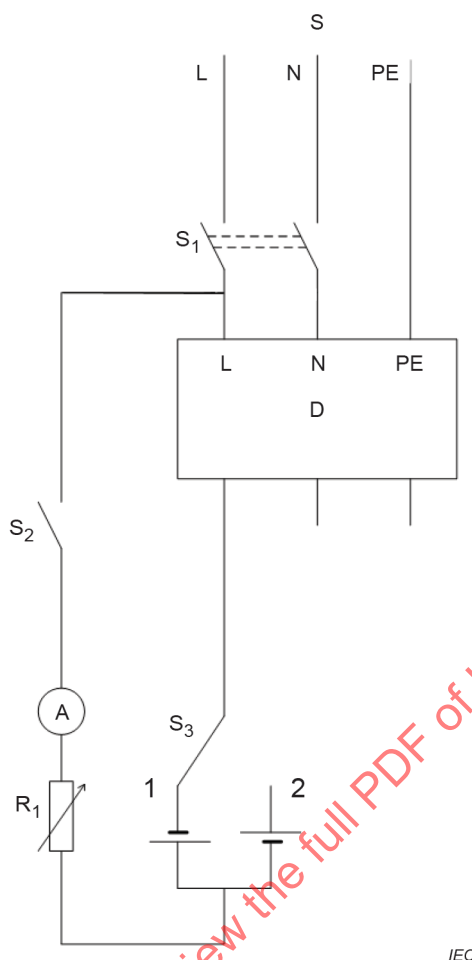
- S_1, S_2 switch
 S supply
 D device under test
 R_1 resistor value $882 \, \Omega \pm 3 \, \%$
 D_1 diode
 EV resistive load simulating electric vehicle at rated current

NOTE The figure shows the LNSE-type.

For LLSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 – PE.

For LLLNSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 –L3–N–PE.

Figure 26 – Test circuit for verification of connection of protective conductor to the EV, according to 9.7.8



IEC

Key S_1, S_2, S_3 switch

S supply

D device under test

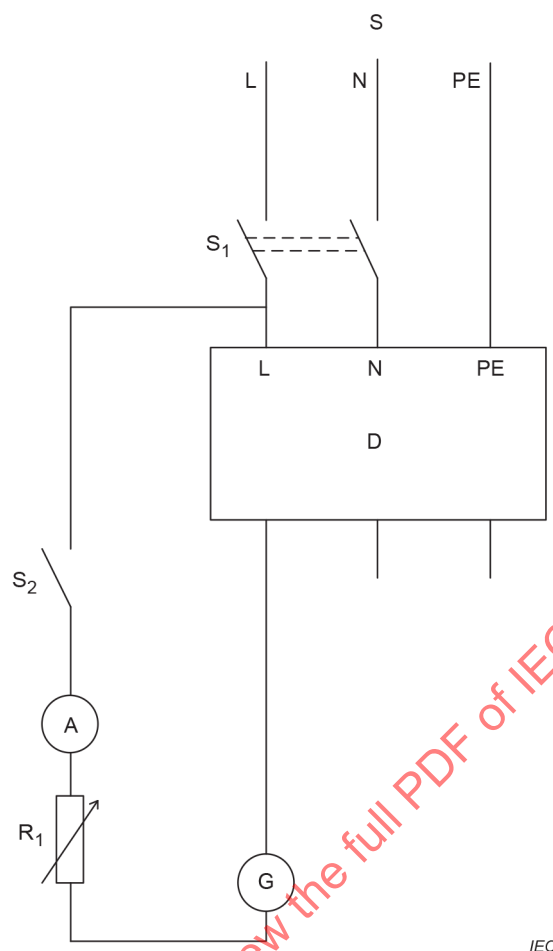
 R_1 adjustable resistor

NOTE The figure shows the LNSE-type.

For LLSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 – PE.

For LLLNSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 –L3–N–PE.

Figure 27 – Verification of correct operation in the event of smooth DC leakage current, according to 9.7.5



IEC

Key

- S supply
- S₁ all-pole switch (optional)
- S₂ single-pole switch
- D IC-CPD under test
- R₁ e.g. 10 Ω (any suitable value)
- G arbitrary waveform generator (combination of, 50 Hz and 1 kHz)
- A amperemeter

NOTE The figure shows the LNSE-type.

For LLSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 – PE.

For LLLNSE type, the connection from the supply is: L1 –L2 –L3–N–PE.

Figure 28 – Example of a test circuit for the verification of correct operation in the event of residual sinusoidal alternating currents composed of multi-frequency components

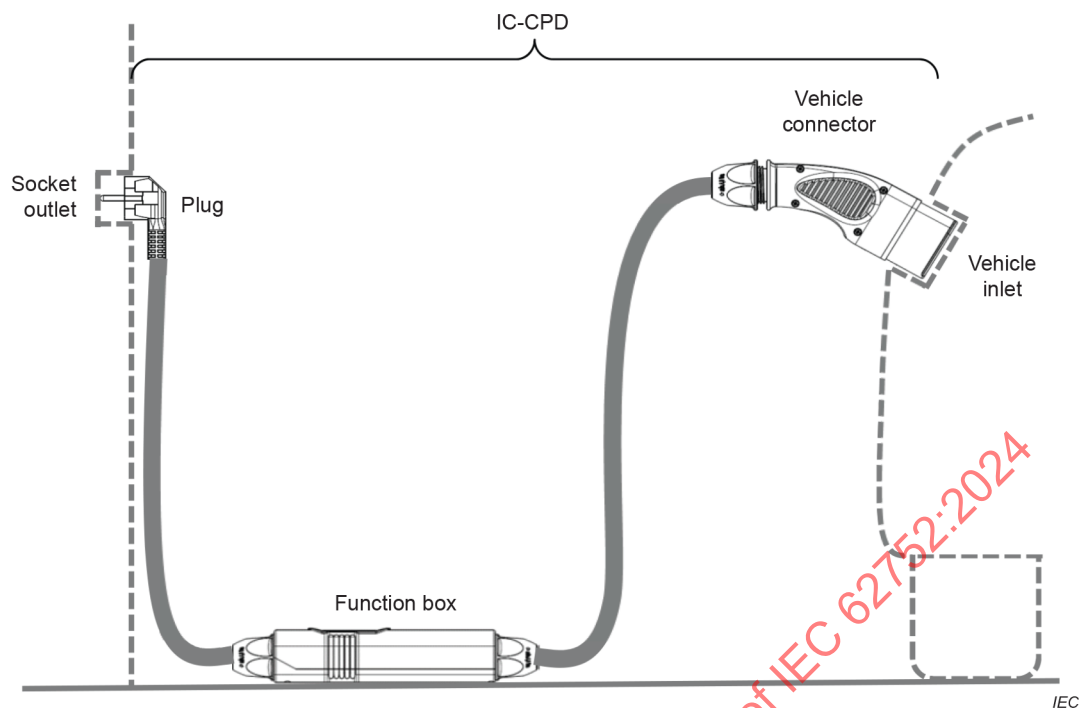
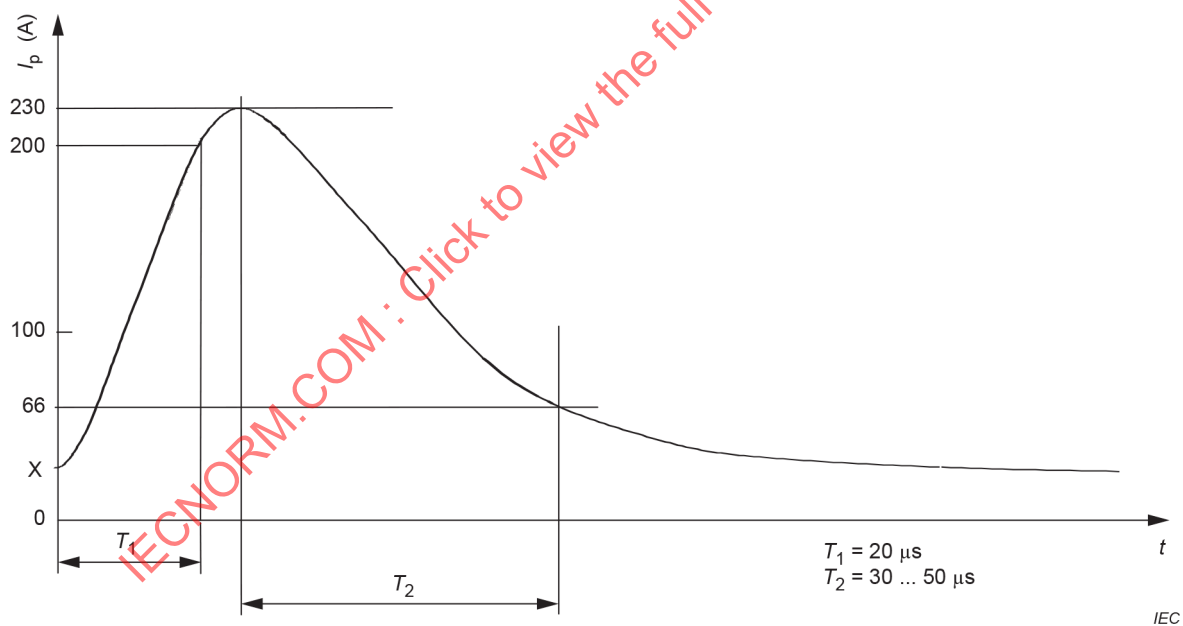


Figure 30 – The use of the IC-CPD

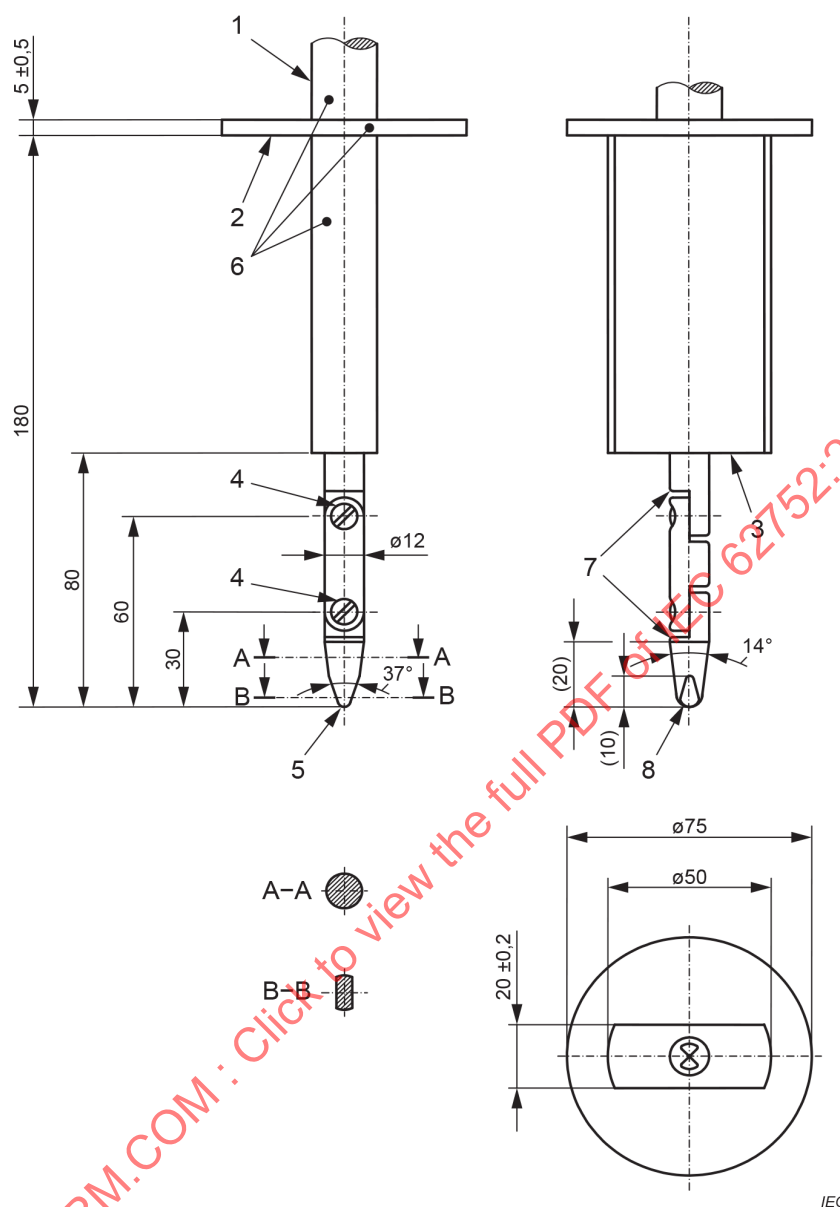


Key

- X Starting value for the inrush current (0 A to 42 A) depending on the phase angle of the sinusoidal current of 30 A RMS

Figure 31 – Informative wave shape of inrush current for tests according to 9.8.2

Dimensions in millimetres

**Key**

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

- 5 $R2 \pm 0,05$ cylindrical
- 6 Insulating material
- 7 Chamfer all edges
- 8 $R4 \pm 0,05$ spherical

Material: metal, except where otherwise specified

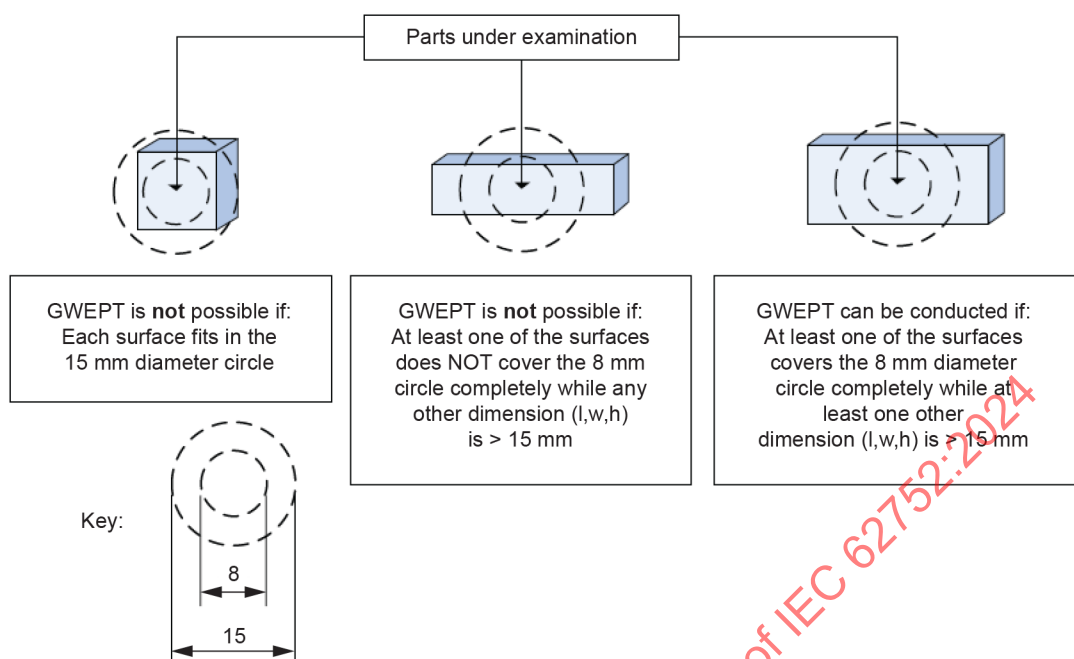
Tolerances on dimensions without specific tolerance:

- on angles: 0
-10
- on linear dimensions: 0
up to 25 mm: -0,05
over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of $+10^\circ$ over 0° .

Figure 32 – Standard test finger

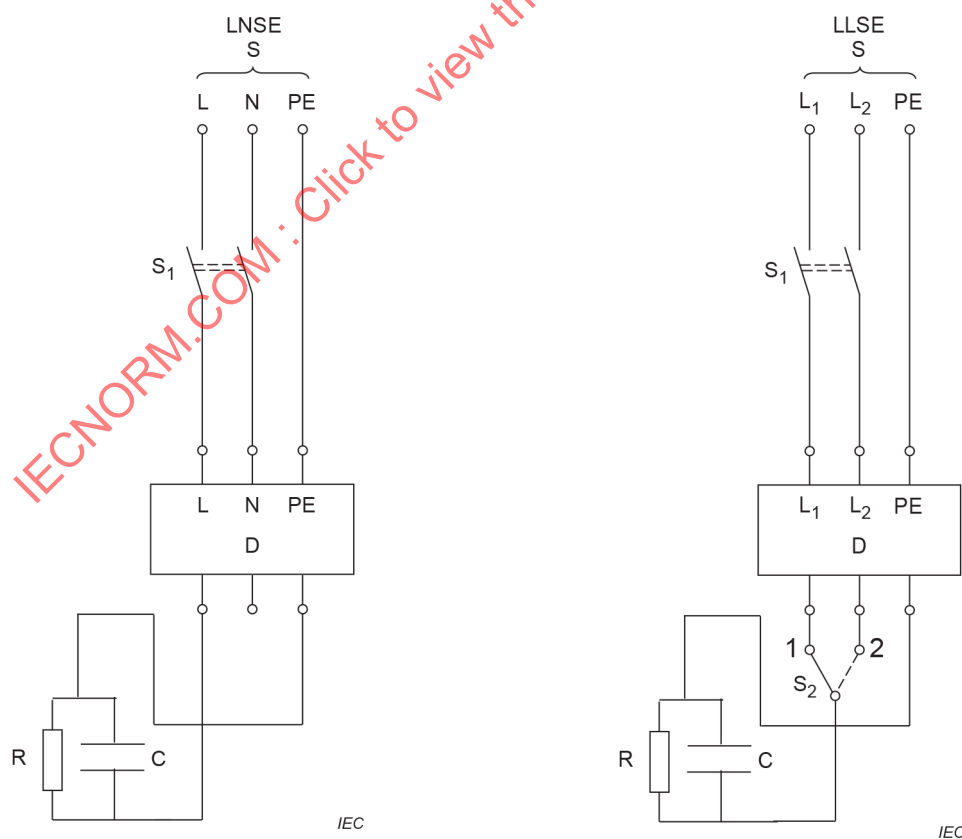
Dimensions in millimetres



IEC

NOTE GWEPT - Glow-wire flammability test method for end-products

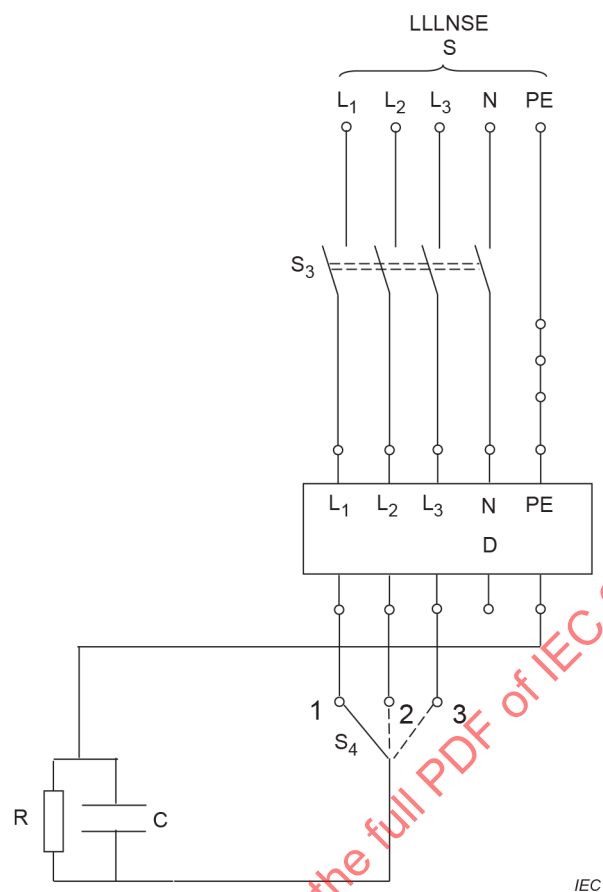
Figure 33 – Small parts



NOTE The position of L and N from the supply voltage S is chosen at random.

a) Type LNSE / LNE

b) Type LLSE / LLE

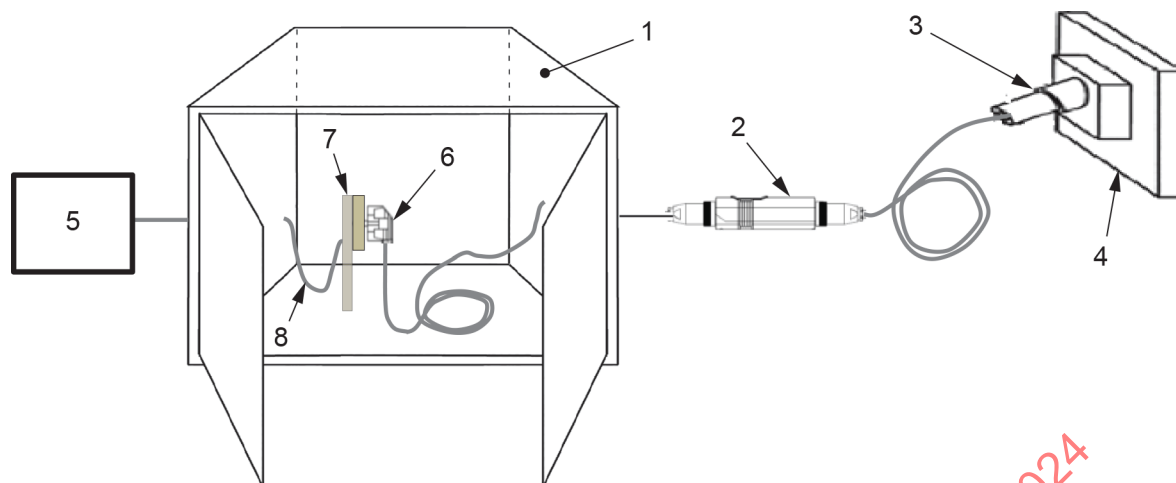


c) Type LLLNSE / LLLNE

Key

PE	protective conductor
L	line
N	neutral
R	1 MΩ resistor
C	35 nF capacitor
D	device under test
S	supply (for LNSE types line and neutral)
S ₁	two-pole switch
S ₂	two-way switch
S ₃	four-pole switch
S ₄	three-way switch

Figure 34 – Test circuit for the verification of the self-test (9.13)



IEC

Key

- 1 test chamber
- 2 IC-CPD function box e.g. outside of the test chamber
- 3 vehicle connector
- 4 support with vehicle inlet
- 5 AC power supply
- 6 household plug of the IC-CPD
- 7 vertical support with socket outlet / suitable means
- 8 power supply cable to socket-outlet / suitable means

Figure 35 – Arrangement for verification of the thermal control device

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

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 following test sequences shall be used in order to verify compliance with the requirements of this document.

For plugs, the type tests shall be in accordance with a relevant national standard. In the absence of a national standard, type tests shall be in accordance with IEC 60884-1, IEC 60309-1 or IEC 60309-2, as applicable.

For vehicle connectors the type tests shall be in accordance with IEC 62196-1.

A.2 Test sequences

The tests are carried out 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 62752:2024

Table A.1 – Test sequences

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A		6	Marking
			General ^a
		9.3	Indelibility of marking
		9.21	Strain on the conductors
		9.22	Torque exerted by IC-CPDs on fixed socket-outlets
		8.5.3	Degree of protection of the function box(es)
		9.4	Protection against electric shock
		9.11	Resistance to heat
		8.4.3	Clearances and creepage distances
		9.19	Resistance to tracking
		9.12	Resistance to abnormal heat and to fire
		9.35	Verification of insulating parts which keep live parts in position
B	B ₁	9.5	Test of dielectric properties
	B ₂	9.6	Temperature rise
		9.17.2	Reliability at 45 °C
		9.18	Ageing
		9.20	Test on pins provided with insulating sleeves
		IEC 61851-1:2017, Table A.4	Tests of the pilot function
	B ₃	9.36	Verification of the thermal control device
C	C ₁	9.9.3	Making and breaking capacity of the plug of the IC-CPD
		9.8	Mechanical and electrical endurance
		9.23	Tests of cord anchorage
		IEC 61851-1:2017, Table A.4	One test of the pilot function chosen at random
	C ₂ ^b	9.24	Flexing test of non-rewirable IC-CPDs
D	D ₀	9.7	Operating characteristics, the tests of 9.7.6 are carried out at the end of test sequence
	D ₁	9.14	Behaviour in the event of failure of the supply voltage
		9.16	Unwanted tripping
		9.9.2.3	Performance at $I_{\Delta m}$
		9.13	Residual current function by self-test
		9.10	Resistance to mechanical shock and impact
		9.15	Non-operating current under overcurrent conditions
		9.26	Tests replacing verifications of creepage distances and clearances
		9.27	Verifications for single electronic components used in IC-CPDs
E		9.9.2.4 a)	Coordination at I_{nc}
		9.9.2.2	Performance at I_m
		IEC 61851-1:2017, Table A.4	One test of the pilot function chosen at random
F		9.9.2.4 b)	Coordination at I_m
		9.9.2.4 c)	Coordination at $I_{\Delta c}$
		IEC 61851-1:2017, Table A.4	One test of the pilot function chosen at random

Test sequence	Clause or subclause	Test (or inspection)
G	9.33 9.17.1 IEC 61851-1:2017, Table A.4	Low storage temperature test Reliability (climatic test) One test of the pilot function chosen at random
H	9.25.1 9.25.2	Emission ^c Voltage dips Voltage interruptions Surges
I	9.25.2	Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields Fast transients / bursts
J	9.25.2	Radiated radio-frequency electromagnetic field Conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz Electrostatic discharges
K	9.29	Heat test under solar radiation
L	9.30	UV radiation
M	9.31	Damp and salt mist
N	9.32	Vehicle drive-over
O	IEC 61851-1:2017, Table A.4 9.28	Control pilot function controller Chemical loads
P	9.34	Shock and vibration test
^a "General" consists of inspections and measurements contained in 8.1, 8.2 and 8.3. Individual tests of these subclauses may be performed at any convenient place within the test sequence A. ^b Applies to non-rewirable devices. ^c For devices containing a continuously operating oscillator, the test of the CISPR 14-1 shall be carried out.		

A.3 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of IC-CPD 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 is 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.

NOTE For the temperature-rise tests of 9.6 a specially prepared sample with the trip circuit disabled can be required.

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

Test sequence ^a	Number of samples	Minimum number of accepted samples ^b	Number of samples for repeated tests ^c
A	1	1	–
B ₁ ^d	3	2	3
B ₂ ^e	3	2	3
B ₃ ^j	3	2	3
C ₁ ^k (9.9.3 and 9.8 only)	3	2	3
C ₂ ^f	3	2	3
D ₀ ^{f, g, k}	3	2	3
D ₁ ^h	3	2	3
E ^{f, i, k}	3	2	3
F ^{f, i, k}	3	2	3
G	3	2	3
H ^{f, j, k}	3	2	3
I ^{f, j, k}	3	2	3
J ^{f, j, k}	3	2	3
K	3	2	3
L	3	2	3
M	3	2	3
N (9.32.2 and 9.32.3)	3 + 3	2 + 2	3 + 3 ^l
O	3	2	3
P	3	2	3

^a In total, a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all tests shall be passed successfully.

^d A specially prepared sample with electronics not subject to the impulse is required.

^e For the temperature rise tests of the protective conductor a specially prepared sample with the trip circuit disabled may be required.

^f If requested by the manufacturer, the tests shall be carried out on only one (or two) set(s) of samples.

^g An additional sample is required for the –25 °C test or test at lower temperature.

^h 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.

ⁱ (A) new sample(s) may be used for the I_{nc} tests.

^j On request of the manufacturer the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

^k If an IC-CPD is classified in accordance with more than one classification of 4.1 an additional set of samples shall be submitted for each classification. The acceptance criteria apply as given.

^l Only the test that failed needs to be repeated.

A.4 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in the case of submitting simultaneously a range of IC-CPDs of the same fundamental design

A.4.1 If a range of IC-CPDs of the same fundamental design, or additions to such a range of IC-CPDs, are submitted for conformity assessment, the number of samples to be tested may be reduced in accordance with Table A.3.

NOTE For the purposes of this Annex A, the same fundamental design comprises a series of rated currents (I_n) and a series of rated residual operating currents ($I_{\Delta n}$).

IC-CPDs 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 IC-CPDs and non-fused IC-CPDs 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) below.
- 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) below.
- i) The basic design of the residual current tripping device is identical except for the variations permitted in m) below.
- j) The basic design of the test device, if any, is identical except for the variations permitted in below.

The following variations are permitted provided that the IC-CPDs comply in all other respects with the requirements detailed in list items a) to j) 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.

A.4.2 For IC-CPDs of 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.

Table A.3 – Reduction of number of samples

Test sequence	Number of samples ^a	
A	1	max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
$B_1 + B_2$	3	max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
B_3	3	any rating I_n
C_1	3	max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C_2	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 3 ^b	max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$ max. rating $I_{\Delta n}$ min. rating I_n
G	3	max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
H		3 ^c any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
I		3 ^c any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
J		3 ^c any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
K		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
L		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
M		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
N		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
O		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
P		3 any rating I_n , min. rating $I_{\Delta n}$
^a 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 test results shall be acceptable. ^b If only one value of $I_{\Delta n}$ is submitted, these sets of samples are not required. ^c Only the highest number of current paths.		

Annex B (normative)

Routine tests

In general, routine tests shall be performed to ensure that the IC-CPD conforms with the samples that withstood the tests of this document, according to the experience gained by the manufacturer.

The choice of the proper tests is left to the manufacturer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

Annex C (normative)

Determination of clearances and creepage distances

C.1 Overview

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the points in Clause C.2 to Clause C.5 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 so 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 into several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest comparative tracking index (CTI).

C.4 Creepage distances split by a floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, and including or being separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal to or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in IEC 60664-1:2020, 6.8 (see also Example 11 below in Clause C.5 of this document).

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.

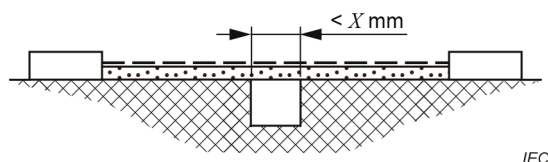
The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following Examples 1 to 11. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);

- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

Example 1



IEC

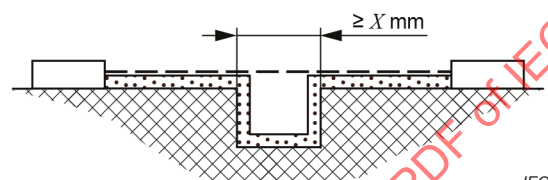
Condition: Path under consideration includes a parallel or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

— — — — — Clearance

 Creepage distance

Example 2



IEC

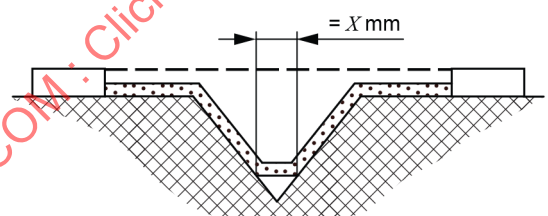
Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or greater than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove.

— — — — — Clearance

 Creepage distance

Example 3



IEC

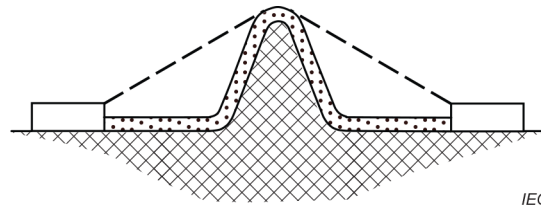
Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the groove but 'short circuits' the bottom of the groove by X mm link.

— — — — — Clearance

 Creepage distance

Example 4



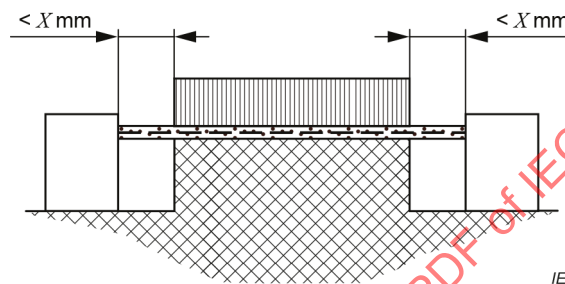
IEC

Condition: Path under consideration includes a rib.

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

----- Clearance  Creepage distance

Example 5



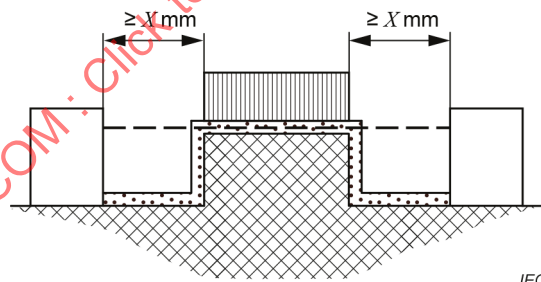
IEC

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with groove less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the 'line of sight' distance shown.

----- Clearance  Creepage distance

Example 6

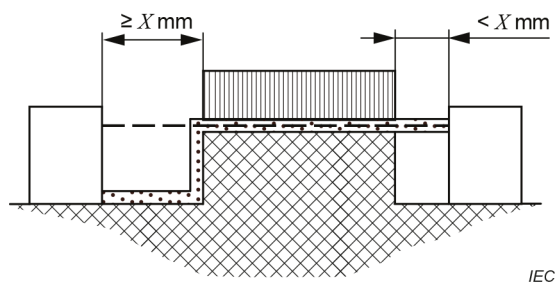


IEC

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or greater than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the 'line of sight' distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

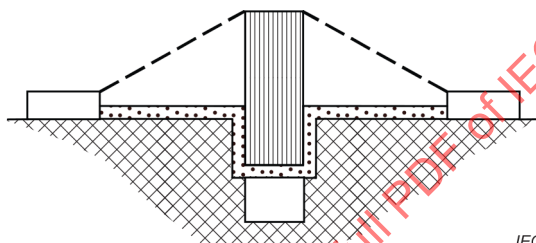
----- Clearance  Creepage distance

Example 7

IEC

Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or greater than X mm wide.

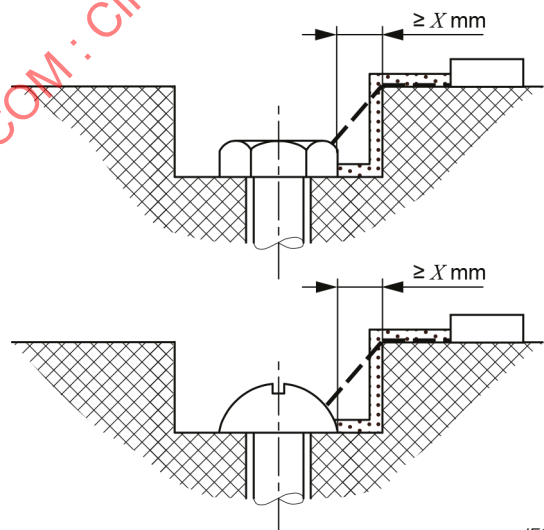
Rule: Clearance and creepage paths are as shown.

**Example 8**

IEC

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

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

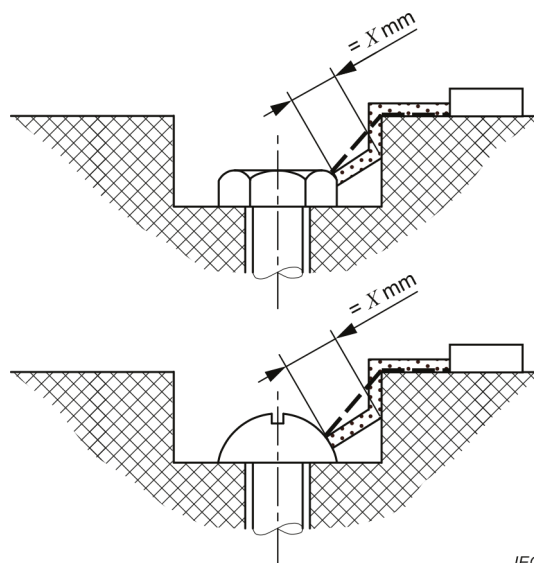
**Example 9**

IEC

Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.



Example 10



IEC

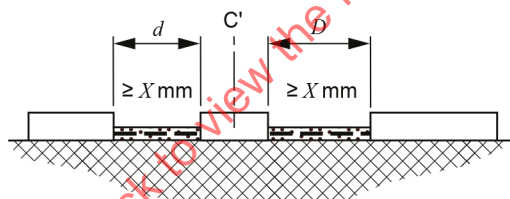
Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

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

----- Clearance

Creepage distance

Example 11



IEC

Clearance is the distance $d + D$

Creepage distance is also $d + D$

C' Floating part

----- Clearance

Creepage distance

Annex D (informative)

Switched-protective conductor application

D.1 Explanation of switched-protective conductor (SPE) function and application

IC-CPDs for special use are covered by this document. IC-CPDs classified according to 3.3.3.11 and 3.3.3.12 have a switched protective earth (SPE) and offer additional protection against certain hazardous situations.

PRCDs for household and similar use are covered by IEC 61540.

For mode 2 power supply of EVs according to IEC 61851-1 an IC-CPD offers 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 SPE ensures that if the protective conductor is live the SPE unit cannot be closed at all or disconnects in the event of a residual current. If the protective conductor is not switched then a live protective conductor could remain connected to the exposed metallic part of class I equipment. In that case, a person, coming into contact with an exposed metallic part of class I equipment, will remain connected to the live protective conductor.

The protective conductor circuit of an IC-CPD should be of high integrity. Tests of the protective conductor circuit for temperature rise and short-circuit withstand are included to ensure this high integrity.

IEC 60364 requires that the installation protective conductor cannot be switched. This ensures that class 1 equipment is always connected to the protective conductor and hence the equipment is 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. The IC-CPD also has the protective conductor circuit open before plugging in. The line and neutral contacts are linked to the protective conductor contact and cannot close unless the protective conductor contact also closes. When plugging to the supply, if the supply conditions allow the IC-CPD to close, then the protective conductor, line and neutral contacts all close substantially together. The integrity of the protective conductor to class I equipment, when supplied from an IC-CPD, is the same as when supplied from a PRCD of the IEC 61540 type, or from a normal plug. Therefore, class I equipment supplied by the IC-CPD has the protective conductor connected and hence is earthed when in use.

Table 14 and Table 15 give the tests required for the SPE units. These include tests for a hazardous live protective conductor (with variations of L and N 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 IC-CPD functional tests.

A hazardous live protective conductor is defined in 3.3.3.16 of this document. This can be caused by incorrect supply if miswiring of the socket outlet occurs.

Examples of some common hazardous situations are included in Figure D.1 and Figure D.2.

The outcome of the tests ensures that the IC-CPD provides additional 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 IC-CPD may detect a live protective conductor but in some cases (such as NLL) closure may occur. In such a rare case, it is imperative that the IC-CPD 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 then the SPE unit may operate. This is regarded as an acceptable result. Acceptance of the protective conductor through the sensing toroid solved many of the difficulties in recognizing certain faults and provides the IC-CPD the ability to recognize unsafe residual currents on all live conductors.

Consideration has been given in evaluating the risk of a current from external source flowing alone in the protective conductor circuit. For applications covered by this document, such an event is seen to be unlikely and to be a low risk.

D.2 Examples of incorrect supply wiring

Provided above each diagram in abbreviated form are the conclusions after analysing the effect of the miswired configurations.

According to the following list (obvious indicators such as open N and open protective conductor are omitted):

- a) $< U_e$: = reduced IC-CPD supply voltage.
- b) For LLSE subject to a supply configuration typically 0,5 for single phase, 0,577 for two-phase: U_e (0,5 or 0,577).
- c) For LNSE subject to the R_x path: ratio between the load impedance (R_L) and the earth loop return impedance (R_x): $U_e (R_L / (R_L + R_x))$.

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 IC-CPD would be lost. The test of 9.14 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.

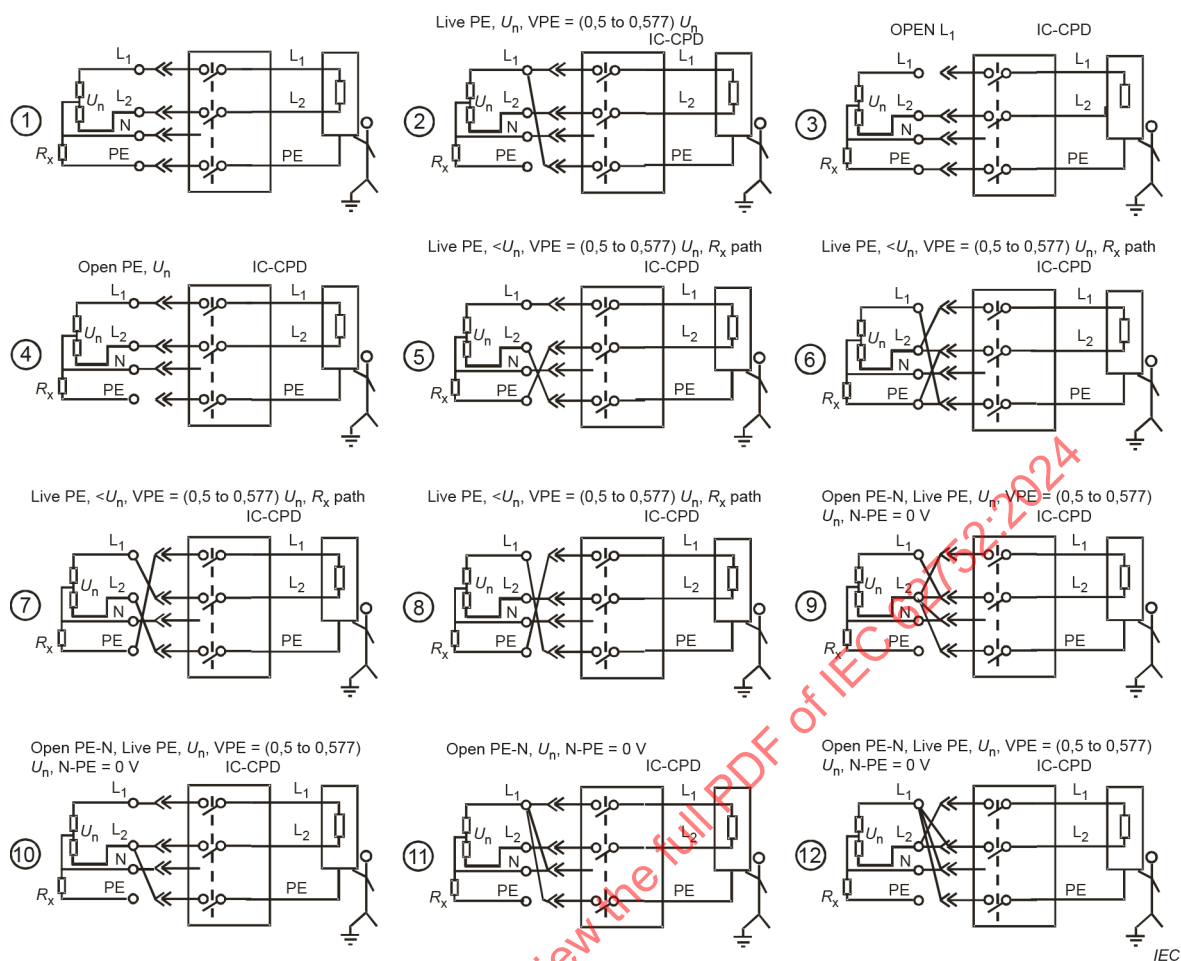
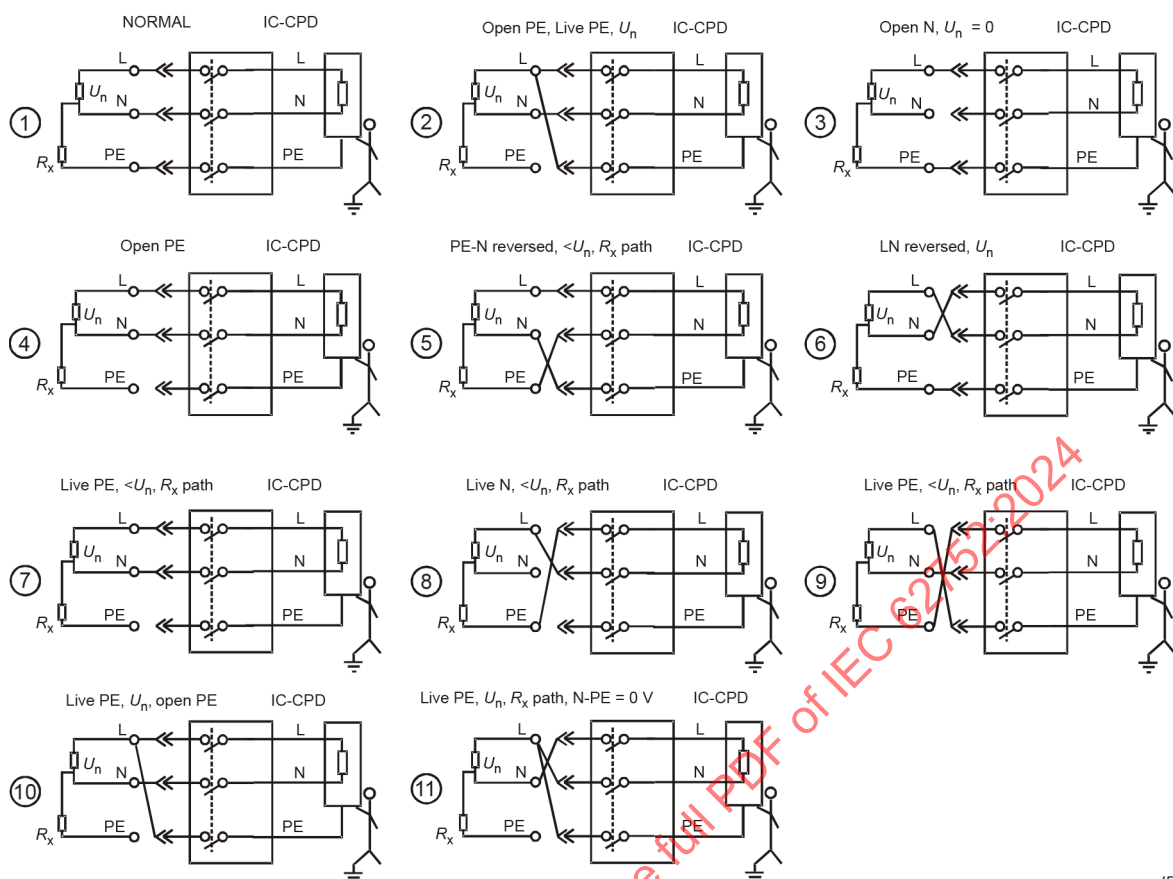


Figure D.1 – Examples of incorrect supply wirings for LLSE types



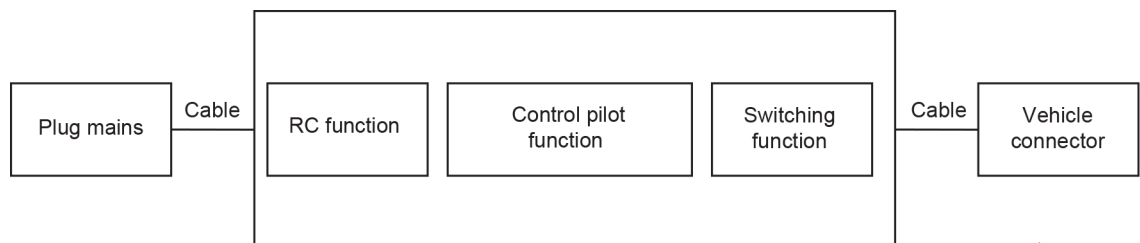
IEC

NOTE R_x (200 Ω max.) is illustrated for TT systems.

Figure D.2 – Examples of incorrect supply wirings for LNSE types

Annex E (informative)

Example of IC-CPD for mode 2 charging



IEC

Figure E.1 – Example for IC-CPD showing the different parts and functions

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

Annex F (informative)

Types of IC-CPD according to construction and assembly

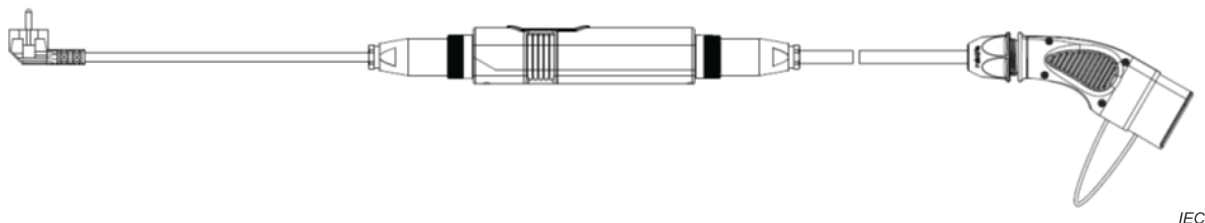


Figure F.1 – Example of IC-CPD including function box, cables, plug and connector in accordance with 4.2.2

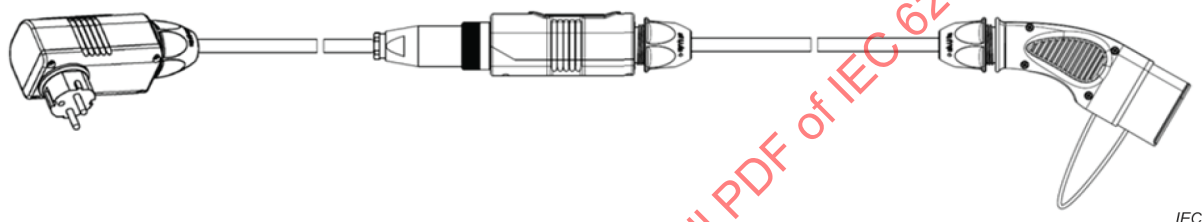


Figure F.2 – Example of modular IC-CPD in accordance with 4.2.3 a)

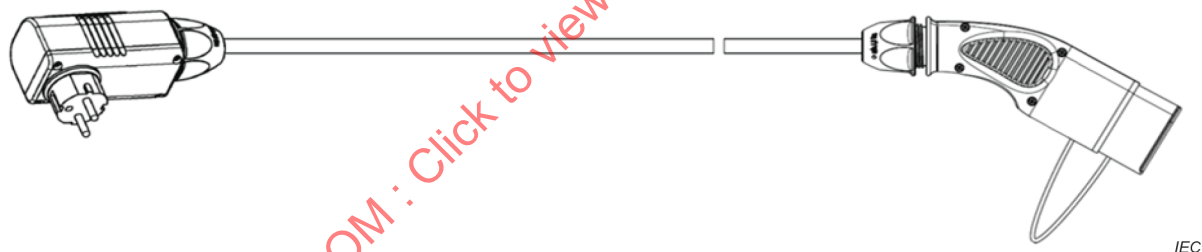


Figure F.3 – Example of modular IC-CPD in accordance with 4.2.3 b)

Annex G (informative)

Methods for determination of short-circuit power factor

G.1 Overview

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 G.

G.2 Method I – Determination from DC components

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

The formula for the DC component is

$$I_d = I_{do} \times e^{-Rt/L}$$

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 (s);

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:

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

Determine the angle from:

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

where

ω is 2π times the actual frequency.

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

G.3 Method II – Determination with pilot generator

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

The difference between the phase angles between the pilot generator voltage and the main generator voltage on the one hand, and the 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

Bibliography

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

IEC 60050-441:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*
IEC 60050-604:1987/AMD1:1998

IEC TR 60083:2015, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*

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

IEC 60309 (all parts), *Plugs, fixed or portable socket-outlets and appliance inlets for industrial purposes*

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

IEC 60364-7-722, *Low-voltage electrical installations – Part 7-722: Requirements for special installations or locations – Supplies for electric vehicles*

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC 60755:2017, *General safety requirements for residual current operated protective devices*

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

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

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

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

IEC 62335:2008, *Circuit breakers – Switched protective earth portable residual current devices for class I and battery powered vehicle applications*

IEC Guide 117, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO/IEC Guide 37, *Instructions for use of products by consumer*

ISO/IEC Guide 98-1:2009, *Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 98-4:2012, *Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO 15118 (all parts), *Road vehicles – Vehicle to grid communication interface*

ISO 16750-3:2012, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 3: Mechanical loads*

ISO 16750-4:2010, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 4: Climatic loads*

EN 50525 (all parts), *Electric cables – Low voltage energy cables of rated voltages up to and including 450/750 V (U0/U)*

EN 50620, *Electric cables – Charging cables for electric vehicles*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	169
INTRODUCTION.....	171
1 Domaine d'application	172
2 Références normatives	173
3 Termes et définitions	176
3.1 Termes et définitions relatifs aux fiches et aux socles	176
3.2 Termes et définitions relatifs aux bornes	177
3.3 Termes et définitions relatifs aux fonctions de courant différentiel résiduel	178
3.3.1 Termes et définitions relatifs aux courants circulant entre les parties actives et la terre	178
3.3.2 Termes et définitions relatifs à l'alimentation de la fonction de courant différentiel résiduel	178
3.3.3 Termes et définitions relatifs au fonctionnement et aux fonctions de l'IC-CPD	179
3.3.4 Termes et définitions relatifs aux valeurs et aux plages des grandeurs d'alimentation	181
3.3.5 Termes et définitions relatifs aux valeurs et aux plages des grandeurs d'influence	182
3.3.6 Termes et définitions relatifs aux conditions de manœuvre	183
3.3.7 Termes et définitions relatifs aux fonctions de commande entre le véhicule électrique et l'IC-CPD	183
3.4 Termes et définitions relatifs aux essais.....	184
3.5 Termes et définitions relatifs à la construction	184
4 Classification	184
4.1 Selon l'alimentation.....	184
4.1.1 Généralités	184
4.1.2 IC-CPD alimentés entre une phase et le neutre et entre deux phases (LNSE/LLSE ou LNE/LLE)	184
4.1.3 IC-CPD alimentés entre trois phases et le neutre (LLLNSE ou LLLNE)	184
4.2 Selon la construction	184
4.2.1 Généralités	184
4.2.2 IC-CPD où le boîtier de fonctions est séparé de la fiche et de la prise mobile de véhicule	185
4.2.3 IC-CPD modulaire.....	185
4.3 Classification selon la méthode de raccordement du ou des câbles	185
4.3.1 Généralités	185
4.3.2 IC-CPD non démontables	185
4.3.3 IC-CPD câblés par le fabricant	185
4.3.4 IC-CPD enfichables	185
4.4 Classification selon la voie du conducteur de protection	185
4.4.1 Généralités	185
4.4.2 IC-CPD équipés d'un conducteur de protection commuté.....	185
4.4.3 IC-CPD équipés d'un conducteur de protection non commuté	186
4.5 Classification selon la vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont	186
4.5.1 Généralités	186
4.5.2 IC-CPD avec vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont	186

4.5.3	IC-CPD sans vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont	186
4.6	Classification selon l'utilisation.....	186
4.6.1	IC-CPD pour utilisation mobile.....	186
4.6.2	IC-CPD pour montage mural.....	186
4.6.3	IC-CPD pour utilisation mobile et pour montage mural.....	186
5	Caractéristiques des IC-CPD	187
5.1	Récapitulatif des caractéristiques.....	187
5.2	Grandeurs assignées et autres caractéristiques	187
5.2.1	Tensions assignées	187
5.2.2	Courant assigné (I_n).....	188
5.2.3	Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$).....	188
5.2.4	Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	188
5.2.5	Fréquence assignée	188
5.2.6	Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	188
5.2.7	Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	188
5.2.8	Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels comportant une composante continue.....	188
5.2.9	Coordination de l'isolement, y compris les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air	188
5.2.10	Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC).....	188
5.3	Valeurs normalisées et préférentielles	189
5.3.1	Valeurs préférentielles de la tension d'emploi assignée (U_e)	189
5.3.2	Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n).....	189
5.3.3	Valeurs normalisées du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	190
5.3.4	Valeur normalisée du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	190
5.3.5	Valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes de l'IC-CPD	190
5.3.6	Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	190
5.3.7	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné (I_m)	190
5.3.8	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)	190
5.3.9	Valeur normalisée du courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})	190
5.3.10	Valeur normalisée du courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$)	190
5.3.11	Valeurs limites de la durée de coupure	190
6	Marquage et autres informations sur le produit	191
6.1	Données à apposer sur l'IC-CPD	191
6.2	Informations à fournir à l'utilisateur final.....	193
7	Conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation.....	194
7.1	Conditions normalisées	194
7.2	Conditions d'installation	195
8	Exigences de construction et de fonctionnement	195
8.1	Conception mécanique.....	195

8.2	Connexions électriques enfichables des IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4	196
8.2.1	Généralités	196
8.2.2	Degré de protection procuré par une connexion électrique enfichable contre l'intrusion d'objets étrangers solides et contre l'eau, pour un IC-CPD enfichable.....	197
8.2.3	Pouvoir de coupure de la connexion électrique enfichable d'un IC-CPD enfichable.....	197
8.3	Construction	197
8.3.1	Généralités	197
8.3.2	Terminaisons des IC-CPD	199
8.3.3	Enveloppe des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3.....	199
8.3.4	Vis ou écrous de bornes des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3.....	199
8.3.5	Contraintes sur les conducteurs des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3.....	199
8.3.6	Exigences supplémentaires pour les IC-CPD classifiés selon le 4.3.3.....	199
8.3.7	Parties isolantes qui maintiennent en place les parties actives	200
8.3.8	Vis des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3	200
8.3.9	Dispositifs de suspension sur un mur ou sur d'autres surfaces de montage	200
8.3.10	Fiche qui fait partie intégrante d'un matériel enfichable directement	200
8.3.11	Câbles souples et cordons et leur raccordement.....	200
8.4	Performances électriques	201
8.4.1	Voie du conducteur de protection	201
8.4.2	Mécanisme de contact.....	202
8.4.3	Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe C)	202
8.5	Protection contre les chocs électriques	205
8.5.1	Généralités	205
8.5.2	Exigences relatives aux fiches, qu'elles soient incorporées ou non dans des éléments complets	205
8.5.3	Degré de protection du boîtier de fonctions.....	205
8.5.4	Exigences relatives aux prises mobiles de véhicules	206
8.6	Propriétés diélectriques	206
8.7	Échauffements.....	206
8.8	Caractéristiques de fonctionnement	206
8.8.1	Généralités	206
8.8.2	Caractéristiques de fonctionnement pour une connexion en toute sécurité	206
8.8.3	Caractéristiques de fonctionnement avec des courants différentiels résiduels alternatifs et des courants différentiels résiduels comportant une composante continue	207
8.8.4	Caractéristiques de fonctionnement avec un courant différentiel résiduel continu lissé	207
8.8.5	Comportement de l'IC-CPD après un déclenchement dû à un courant différentiel résiduel	207
8.8.6	Courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé	207
8.8.7	Courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en triphasé	208
8.9	Endurance mécanique et électrique	208
8.10	Tenue aux courants de court-circuit	208
8.11	Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	208
8.12	Résistance à la chaleur.....	208

8.13	Résistance à la chaleur anormale et au feu.....	208
8.14	Performance de la fonction d'essai	209
8.15	Comportement en cas de perte de la tension d'alimentation.....	209
8.16	Résistance des IC-CPD aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc.....	209
8.17	Contrôleur de fonction pilote de commande	209
8.18	Fiabilité.....	210
8.19	Résistance au cheminement	210
8.20	Compatibilité électromagnétique (CEM)	210
8.21	Comportement de l'IC-CPD à une température de l'air ambiant faible	210
8.22	Fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation et de conducteur de protection actif et donc dangereux	210
8.23	Vérification d'un courant permanent dans le conducteur de protection en service normal	210
8.24	Comportement dans des conditions d'environnement spécifiques.....	211
8.25	Résistance aux vibrations et aux chocs.....	211
9	Essais	211
9.1	Généralités	211
9.1.1	Ouverture et fermeture des contacts	211
9.1.2	Essais de type	211
9.1.3	Séquences d'essais	212
9.1.4	Essais individuels de série.....	213
9.2	Conditions d'essai.....	213
9.3	Essai d'indélébilité du marquage.....	213
9.4	Vérification de la protection contre les chocs électriques	214
9.5	Essai des propriétés diélectriques.....	214
9.5.1	Résistance à l'humidité.....	214
9.5.2	Résistance d'isolement du circuit principal.....	215
9.5.3	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	216
9.5.4	Circuit secondaire des transformateurs de détection.....	216
9.5.5	Vérification des tensions de tenue aux chocs (à travers les distances d'isolement dans l'air et l'isolation solide) et du courant de fuite aux bornes des contacts ouverts	216
9.6	Essai d'échauffement.....	220
9.6.1	Conditions d'essai	220
9.6.2	Procédure d'essai	220
9.6.3	Mesurage de l'échauffement des différentes parties	220
9.6.4	Échauffement d'une partie	220
9.7	Vérification des caractéristiques de fonctionnement.....	220
9.7.1	Circuit d'essai.....	220
9.7.2	Essais de courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux	221
9.7.3	Vérification du fonctionnement correct aux courants différentiels résiduels comportant une composante continue.....	223
9.7.4	Vérification du comportement en cas de courant différentiel résiduel composé.....	225
9.7.5	Vérification du fonctionnement correct en cas de courant différentiel résiduel continu lissé	226
9.7.6	Essais de mauvais câblage et de défaillance de l'alimentation	227
9.7.7	Vérification du comportement des contacts du conducteur de protection.....	231
9.7.8	Vérification de la connexion du conducteur de protection au véhicule électrique	232

9.7.9	Vérification du courant permanent dans la connexion du conducteur de protection en service normal	232
9.7.10	Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé	232
9.7.11	Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en triphasé	233
9.8	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	233
9.8.1	Endurance de la fiche et de la partie prise mobile de véhicule	233
9.8.2	Endurance de la fonction de courant différentiel résiduel de l'IC-CPD	233
9.9	Vérification du comportement de l'IC-CPD dans des conditions de surintensité	235
9.9.1	Liste des essais de surintensité	235
9.9.2	Essais de court-circuit	236
9.9.3	Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure de la fiche de l'IC-CPD	241
9.10	Vérification de la résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	241
9.10.1	Généralités	241
9.10.2	Essai de chute	242
9.10.3	Essai pour les presse-étoupes à vis des IC-CPD	242
9.10.4	Essai de résistance mécanique des IC-CPD équipés de cordons	243
9.10.5	Essai de choc mécanique et essai de chocs	243
9.11	Essai de résistance à la chaleur	243
9.11.1	Généralités	243
9.11.2	Essai de température en étuve	244
9.11.3	Essai de pression à la bille des matériaux isolants nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant	244
9.11.4	Essai de pression à la bille des matériaux isolants non nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant	245
9.12	Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu	245
9.13	Vérification de l'autotest	246
9.13.1	Conditions d'essai	246
9.13.2	Vérification de l'autotest avec un IC-CPD en fonctionnement normal	246
9.13.3	Vérification de l'autotest avec simulation de contacts d'IC-CPD collés	247
9.14	Vérification du comportement des IC-CPD en cas de perte de la tension d'alimentation	247
9.14.1	Vérification du fonctionnement correct à la tension d'emploi minimale (U_x)	247
9.14.2	Vérification de l'ouverture automatique en cas de perte de la tension d'alimentation	248
9.14.3	Vérification de la fonction de refermeture	248
9.15	Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité	248
9.16	Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc	248
9.17	Vérification de la fiabilité	249
9.17.1	Essai climatique	249
9.17.2	Essai à la température de 45 °C	250
9.18	Résistance au vieillissement	251
9.19	Résistance au cheminement	252
9.20	Essai sur les broches comportant une gaine isolante	252

9.21	Vérification des effets des contraintes sur les conducteurs	252
9.22	Vérification du couple exercé par les IC-CPD sur les socles fixes	253
9.23	Essais du dispositif d'arrêt de câble	253
9.24	Essai de flexion des IC-CPD non démontables	254
9.25	Vérification de la compatibilité électromagnétique (CEM)	255
9.25.1	Émission.....	255
9.25.2	Immunité	255
9.26	Essais remplaçant les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air	257
9.26.1	Généralités	257
9.26.2	Conditions anormales	257
9.26.3	Échauffement résultant de conditions de défaut.....	257
9.27	Vérifications pour les composants électroniques utilisés dans les IC-CPD	260
9.27.1	Généralités	260
9.27.2	Condensateurs	260
9.27.3	Résistances et inductances	260
9.28	Contraintes chimiques	261
9.29	Essai thermique sous rayonnement solaire	261
9.30	Résistance aux rayonnements ultraviolets (UV)	261
9.31	Essai de vapeur et de brouillard salin pour les environnements marins et côtiers.....	262
9.31.1	Essai des parties métalliques externes uniquement	262
9.31.2	Critères d'essai.....	262
9.32	Essai d'écrasement par des véhicules	262
9.32.1	Généralités	262
9.32.2	Essai avec une force d'écrasement de 5 000 N.....	263
9.32.3	Essai avec une force d'écrasement de 11 000 N	263
9.32.4	Performances après les essais	263
9.33	Essai à basse température de stockage	263
9.34	Essai de chocs et de vibrations	264
9.35	Vérification des parties isolantes qui maintiennent en place les parties actives	264
9.36	Vérification du dispositif de commande thermique	265
Annexe A (normative)	Séquences d'essais et nombre d'échantillons à soumettre pour vérifier la conformité au présent document.....	302
A.1	Vérification de la conformité	302
A.2	Séquences d'essais	302
A.3	Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	304
A.4	Nombre d'échantillons à soumettre aux procédures d'essai simplifiées en cas de présentation simultanée d'une gamme d'IC-CPD de même conception de base.....	306
Annexe B (normative)	Essais individuels de série	308
Annexe C (normative)	Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite	309
C.1	Vue d'ensemble	309
C.2	Orientation et emplacement d'une ligne de fuite	309
C.3	Lignes de fuite pour lesquelles plusieurs matériaux sont utilisés	309
C.4	Lignes de fuite divisées par une partie conductrice flottante	309
C.5	Mesurage des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air.....	309
Annexe D (informative)	Application d'un conducteur de protection commuté	314

D.1	Explication de la fonction et de l'application d'un conducteur de protection commuté (SPE).....	314
D.2	Exemples de mauvais câblage de l'alimentation.....	315
Annexe E (informative)	Exemple d'IC-CPD pour la charge en mode 2.....	318
Annexe F (informative)	Types d'IC-CPD du point de vue de la construction et de l'assemblage	319
Annexe G (informative)	Méthodes de détermination du facteur de puissance de court-circuit.....	320
G.1	Vue d'ensemble	320
G.2	Méthode I – Détermination à partir des composantes continues	320
G.3	Méthode II – Détermination à l'aide d'un générateur pilote	321
Bibliographie.....		322
Figure 1 – Circuit d'essai pour la vérification des caractéristiques de fonctionnement (9.7.2).....		267
Figure 2 – Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection (PE) actif et donc dangereux (voir le Tableau 14 et le Tableau 15)		270
Figure 3 – Vérification de l'échauffement du conducteur de protection		271
Figure 4 – Vérification du neutre ouvert pour les types LNSE et de la phase ouverte pour les types LLSE.....		272
Figure 5 – Vérification d'un courant permanent dans le conducteur de protection en service normal		273
Figure 6 – Schéma du circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure et de fermeture et la coordination en court-circuit avec un DPCC (voir le 9.9.2).....		276
Figure 7 – Fil d'épreuve normalisé de 1,0 mm.....		276
Figure 8 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés (voir le 9.7.3).....		278
Figure 9 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés auxquels est superposé un courant continu lissé (voir le 9.7.3.3).....		280
Figure 10 – Vérification du conducteur de protection ouvert (voir le 9.7.6.4)		281
Figure 11 – Montage de l'essai de compression pour la vérification de la protection contre les chocs électriques.....		282
Figure 12 – Appareillage d'essai de pression à la bille		282
Figure 13 – Circuit d'essai d'un IC-CPD classifié selon le 4.1.2 pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé.....		283
Figure 14 – Circuit d'essai d'un IC-CPD classifié selon le 4.1.3 pour la vérification du fonctionnement correct dans le cas de courants différentiels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en triphasé		284
Figure 15 – Appareillage d'essai de retenue du câble		285
Figure 16 – Appareil d'essai de flexion.....		286
Figure 17 – Montage de l'essai de résistance mécanique des IC-CPD équipés de cordons (9.10.4)		286
Figure 18 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.17.1.3)		287
Figure 19 – Cycle d'essai de fiabilité (9.17.1.3).....		288
Figure 20 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.18)		289
Figure 21 – Onde de courant sinusoïdale fortement amortie de 0,5 µs/100 kHz		289

Figure 22 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs	290
Figure 23 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales en fonction de la valeur de crête de la tension (voir le 9.26.3 a))	291
Figure 24 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales en fonction de la valeur de crête de la tension de fonctionnement (voir le 9.26.3 a)).....	292
Figure 25 – Cycle d'essai pour l'essai à basse température	292
Figure 26 – Circuit d'essai pour la vérification de la connexion du conducteur de protection au VE, conformément au 9.7.8	293
Figure 27 – Vérification du fonctionnement correct en cas de courant de fuite continu lissé, conformément au 9.7.5	294
Figure 28 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux formés de composantes multifréquences.....	295
Figure 29 – Circuit d'essai pour l'essai d'endurance conformément au 9.8.....	296
Figure 30 – Utilisation de l'IC-CPD.....	297
Figure 31 – Forme d'onde informative du courant d'appel pour les essais conformément au 9.8.2	297
Figure 32 – Doigt d'épreuve normalisé	298
Figure 33 – Petites pièces	299
Figure 34 – Circuit d'essai pour la vérification de l'autotest (9.13).....	300
Figure 35 – Montage pour la vérification du dispositif de commande thermique	301
Figure D.1 – Exemples de mauvais câblage de l'alimentation pour les types LLSE	316
Figure D.2 – Exemples de mauvais câblage de l'alimentation pour les types LNSE.....	317
Figure E.1 – Exemple d'IC-CPD qui montre les différentes parties et fonctions	318
Figure F.1 – Exemple d'IC-CPD montrant le boîtier de fonctions, les câbles, la fiche et la prise mobile, conformément au 4.2.2.....	319
Figure F.2 – Exemple d'IC-CPD modulaire, conformément au 4.2.3 a)	319
Figure F.3 – Exemple d'IC-CPD modulaire, conformément au 4.2.3 b).....	319
Tableau 1 – Valeurs préférentielles du courant assigné et valeurs préférentielles correspondantes de la tension assignée	189
Tableau 2 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels alternatifs à la fréquence assignée.....	191
Tableau 3 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels continus lissés	191
Tableau 4 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé ou en triphasé.....	191
Tableau 5 – Conditions normalisées de fonctionnement en service.....	194
Tableau 6 – Section minimale d'un câble souple ou d'un cordon	201
Tableau 7 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales	203
Tableau 8 – Valeurs des échauffements	206
Tableau 9 – Liste des essais de type	212
Tableau 10 – Tension d'essai pour la vérification de la tension de tenue aux chocs	218
Tableau 11 – Plages de valeurs du courant de déclenchement pour les IC-CPD en cas de courant continu pulsé	224

Tableau 12 – Différentes valeurs des composantes de fréquences des courants d'essai et valeurs de courant de démarrage ($I\Delta$) pour vérifier le fonctionnement en cas d'augmentation constante du courant différentiel	225
Tableau 13 – Plages de courants de fonctionnement pour le courant différentiel résiduel composé	225
Tableau 14 – 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/LLSE et LNE/LLE	228
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 LLLNSE et LLLNE	229
Tableau 16 – Essais destinés à vérifier le comportement des IC-CPD dans des conditions de surintensité	235
Tableau 17 – Valeurs minimales de I^2t et I_p	237
Tableau 18 – Liste des essais de résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	242
Tableau 19 – Couple appliqué à la clé pour l'essai	243
Tableau 20 – Essais d'immunité CEM	256
Tableau 21 – Températures maximales admises dans les conditions anormales	259
Tableau 22 – Valeur de densité spectrale de puissance (DSP) en fonction de la fréquence pour l'essai de vibrations	264
Tableau A.1 – Séquences d'essais	303
Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	305
Tableau A.3 – Réduction du nombre d'échantillons	307

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIF DE CONTRÔLE ET DE PROTECTION INTÉGRÉ AU CÂBLE
(IC-CPD) POUR LA CHARGE EN MODE 2 DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 62752 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, en coopération avec le sous-comité 37: Véhicules à propulsion électrique, du comité technique 22 de l'ISO. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2016 et son Amendement 1:2018. Cette édition constitue une révision technique.

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

- révision du 8.3.1 afin d'ajouter des exigences pour un dispositif de commande obligatoire qui détecte la température des parties parcourues par un courant dans la fiche pour usages domestiques;
- ajout d'exigences d'essai dans un nouveau paragraphe 9.36 pour le dispositif de commande thermique;
- harmonisation des exigences de compatibilité électromagnétique (CEM) par rapport à la nouvelle édition de l'IEC 61543 et à l'IEC 61851-21-2;
- amélioration générale de l'essai et des exigences associées.

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

Projet	Rapport de vote
23E/1342/FDIS	23E/1346/RVD

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

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

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 proprement dites: caractères romains;
- *modalités d'essais: 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, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

Le présent document traite essentiellement de l'accès des véhicules électriques à un système d'alimentation, en toute sécurité et fiabilité. La définition de la "charge en mode 2 des véhicules électriques" est donnée dans l'IEC 61851-1.

En cas de défaillance de la protection principale et/ou de la protection en cas de défaut, une protection contre les chocs électriques est fournie pour l'ensemble des modes de charge, au moins par un dispositif différentiel résiduel (DDR) de type A (voir l'IEC 60364-7-722 et l'IEC 61851-1).

Pour la charge en mode 2, notamment lorsqu'il n'est pas possible de savoir avec certitude si l'installation est équipée de DDR, par exemple en cas de charge du véhicule électrique sur une installation inconnue, une protection spécifique est utilisée pour le véhicule électrique connecté. L'objet du présent document est de décrire les exigences relatives à l'utilisation d'un dispositif de contrôle et de protection intégré au câble (IC-CPD, *In-Cable Control and Protection Device*) pour la charge en mode 2.

La présente version de l'IEC 62752 couvre également le contenu de la norme IEC 62335 antérieure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

DISPOSITIF DE CONTRÔLE ET DE PROTECTION INTÉGRÉ AU CÂBLE (IC-CPD) POUR LA CHARGE EN MODE 2 DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux dispositifs de contrôle et de protection intégrés au câble (IC-CPD) pour la charge en mode 2 des véhicules électriques, ci-après dénommés "IC-CPD", y compris les fonctions de commande et de sécurité.

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.

L'IC-CPD conforme au présent document

- comporte une fonction pilote de commande, conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A;
- contrôle les conditions d'alimentation et empêche la charge en cas de défauts d'alimentation dans les conditions spécifiées;
- peut comporter un conducteur de protection commuté.

Les cas des courants différentiels résiduels de fréquences différentes de la fréquence assignée, des courants différentiels résiduels continus et des conditions d'environnement spécifiques sont examinés.

Le présent document s'applique aux IC-CPD qui remplissent les fonctions de sécurité et de commande exigées par l'IEC 61851-1 pour la charge en mode 2 des véhicules électriques.

Le présent document s'applique aux IC-CPD pour circuits monophasés de tension inférieure ou égale à 250 V ou pour circuits polyphasés de tension inférieure ou égale à 480 V, avec une intensité assignée maximale de 32 A.

Le présent document s'applique aux IC-CPD destinés à être utilisés uniquement dans des circuits en courant alternatif qui présentent des valeurs préférentielles de fréquence assignée de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz. Les IC-CPD selon le présent document ne sont pas destinés à être utilisés pour les transferts d'énergie bidirectionnels ou inverses ni pour le renvoi d'énergie dans le réseau de distribution d'énergie électrique.

Le présent document s'applique aux IC-CPD dont le courant différentiel de fonctionnement assigné est inférieur ou égal à 30 mA et qui sont destinés à procurer une protection supplémentaire au circuit en aval de l'IC-CPD lorsqu'il n'est pas possible de savoir avec certitude si l'installation en amont est équipée d'un DDR dont le courant assigné $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.

L'IC-CPD comporte:

- une fiche de connexion vers un socle de l'installation fixe;
- un ou plusieurs sous-ensembles assurant les fonctions de commande et de protection;
- un câble reliant la fiche et les sous-ensembles (facultatif);
- un câble reliant les sous-ensembles et la prise mobile du véhicule (facultatif);
- une prise mobile de véhicule assurant la connexion du véhicule électrique.

Dans le cas des fiches pour usages domestiques et analogues, les exigences applicables de la Norme nationale et les exigences spécifiques définies par le Comité national du pays de commercialisation du produit s'appliquent. En l'absence d'exigences nationales, l'IEC 60884-1 s'applique. Pour les fiches industrielles, l'IEC 60309-2 s'applique. Des fiches industrielles non interchangeables peuvent être employées dans certaines applications et certains domaines spécifiques. Dans ce cas, l'IEC 60309-1 s'applique.

Les fiches, les prises mobiles et les câbles faisant partie de l'IC-CPD sont soumis aux essais selon les normes de produits en vigueur.

Les contacts de commutation des IC-CPD ne sont pas destinés au sectionnement, ce dernier pouvant être assuré en déconnectant la fiche.

L'IC-CPD n'est pas considéré comme un dispositif de protection destiné à être utilisé dans des installations fixes.

2 Références normatives

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

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-5:2018, *Essais d'environnement – Partie 2-5: Essais – Essai S: Rayonnement solaire simulé au niveau du sol et recommandations pour les essais de rayonnement solaire et le vieillissement aux intempéries*

IEC 60068-2-11, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

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

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-64, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

IEC 60068-3-4, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

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 60309-1:2021, *Fiches, socles fixes de prise de courant, prises mobiles et socles de connecteur pour usages industriels – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60309-2, *Fiches, socles fixes de prise de courant, prises mobiles et socles de connecteur pour usages industriels – Partie 2: Exigences dimensionnelles de compatibilité pour les appareils à broches et alvéoles*

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 60384-14:2023, *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: <https://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

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 60884-1:2022, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Exigences générales*

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

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

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

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

IEC 61000-4-5:2014/AMD1:2017

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

IEC 61439-7:2022, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 7: Ensembles pour les applications spécifiques comme les marinas, les terrains de camping, les marchés et pour les bornes de charge de véhicules électriques*

IEC 61540, *Dispositifs différentiels portables à courant résiduel (PCDM) sans protection incorporée contre les surintensités pour usages domestiques et analogues*

IEC 61543:2022, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestiques et analogues – Compatibilité électromagnétique*

IEC 61851-1:2017, *Système de charge conductive pour véhicules électriques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 62196 (toutes les parties), *Fiches, socles de prise de courant, prises mobiles de véhicule et socles de connecteurs de véhicule – Charge conductive des véhicules électriques*

IEC 62196-1:2022, *Fiches, socles de prise de courant, prises mobiles de véhicule et socles de connecteurs de véhicule – Charge conductive des véhicules électriques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (codes IK)*

IEC 62368-1:2023, *Équipements des technologies de l'audio/vidéo, de l'information et de la communication – Partie 1: Exigences de sécurité*

IEC 62893-3, *Charging cables for electric vehicles for rated voltages up to and including 0,6/1 kV – Part 3: Cables for AC charging according to modes 1, 2 and 3 of IEC 61851-1 of rated voltages up to and including 450/750 V* (disponible en anglais seulement)

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences relatives aux appareils électrodomestiques, aux outils électriques et aux appareils analogues – Partie 1: Émission*

ISO 178, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

ISO 179 (toutes les parties), *Plastiques – Détermination des caractéristiques au choc Charpy*

ISO 2409, *Peintures et vernis – Essai de quadrillage*

ISO 4628-3, *Peintures et vernis – Évaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect – Partie 3: Évaluation du degré d'enrouillement*

ISO 4892-2:2013, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 2: Lampes à arc au xénon*

ISO 16750-5:2010, *Véhicules routiers – Spécifications d'environnement et essais de l'équipement électrique et électronique – Partie 5: Contraintes chimiques*

ISO 17409:2020, *Véhicules routiers à propulsion électrique – Transfert d'énergie conductive – Exigences de sécurité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

NOTE 1 Sauf spécification contraire, lorsque les termes "tension" et "courant" sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces.

NOTE 2 Dans le présent document, le mot "terre" est utilisé pour "terre de protection".

NOTE 3 Le terme "appareil" est utilisé comme terme général pour désigner les fiches et les socles, les prises mobiles de véhicules et les socles de connecteurs de véhicules.

3.1 Termes et définitions relatifs aux fiches et aux socles

3.1.1

fiche

appareil équipé de broches conçues pour s'engager dans les alvéoles d'un socle

Note 1 à l'article: Une fiche permet la connexion manuelle d'une charge électrique à une alimentation électrique et sa déconnexion par une personne ordinaire.

[SOURCE: IEC 60884-1:2022, 3.1, modifié – Les Notes 2 à 4 à l'article ont été supprimées.]

3.1.2

fiche d'interconnexion

appareil équipé de broches conçues pour s'engager dans les alvéoles d'un socle d'interconnexion, destiné à être accessible par l'utilisateur pour procéder à un remplacement rapide de parties de l'IC-CPD

3.1.3

socle

appareil équipé d'alvéoles conçues pour s'engager avec les broches d'une fiche

[SOURCE: IEC 60884-1:2022, 3.2, modifié – Les Notes 1 et 2 à l'article ont été supprimées.]

3.1.4

socle d'interconnexion

appareil équipé d'alvéoles conçues pour s'engager dans les broches d'une fiche d'interconnexion, destiné à être accessible par l'utilisateur pour procéder à un remplacement rapide de parties de l'IC-CPD

3.1.5

appareil non démontable

appareil construit de façon qu'il forme une unité complète avec le câble souple après la connexion et l'assemblage par le fabricant de l'appareil

3.1.6

appareil démontable par le fabricant

appareil construit de façon que le câble souple puisse être remplacé par le fabricant seulement

Note 1 à l'article: L'appareil est construit de telle manière qu'il ne puisse être démonté, réparé ou remplacé que par des personnes autorisées par les fabricants, un de leurs agents ou toute personne dûment qualifiée.

3.1.7**prise mobile de véhicule****prise mobile de véhicule électrique**

partie intégrée ou destinée à être raccordée à un câble souple

[SOURCE: IEC 62196-1:2022, 3.56]

3.1.8**socle de connecteur de véhicule****socle de connecteur de véhicule électrique**

partie intégrée ou fixée au véhicule électrique

[SOURCE: IEC 62196-1:2022, 3.57, modifié – La Note à l'article a été supprimée.]

3.1.9**enfichable**, adj.

connexion électrique destinée à être branchée ou débranchée par l'utilisateur final

3.1.10**dispositif portable**

dispositif qui peut être porté par une personne et être transporté à bord du véhicule électrique

3.1.11**adaptateur**

appareil mobile formant un tout, comportant à la fois une portion fiche et une portion socle de prise de courant

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-03-19, modifié – Le domaine "pour le petit appareillage" a été supprimé, et dans la définition, "une ou plusieurs portions socle de prise de courant" a été remplacé par "une portion socle de prise de courant".]

3.1.12**matériel enfichable directement**

matériel dans lequel la fiche fait partie intégrante de l'enveloppe du boîtier de fonctions

3.2 Termes et définitions relatifs aux bornes**3.2.1****organe de serrage**

partie(s) d'une borne nécessaire(s) pour le serrage mécanique et la connexion électrique du (des) conducteur(s), y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

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

3.2.2**borne**

partie conductrice d'un pôle, composée d'un ou plusieurs organe(s) de serrage, isolée si nécessaire

[SOURCE: IEC 60999-1:1999, 3.2]

3.2.3**terminaison**

partie d'un appareil à laquelle un conducteur est fixé de manière permanente

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-06]

3.2.4

borne à vis

borne qui permet la connexion et la déconnexion d'un conducteur ou l'interconnexion et la déconnexion de plusieurs conducteurs, la connexion étant faite directement ou indirectement, au moyen de vis ou d'écrous de tous types

3.2.5

borne sans vis

borne de connexion permettant la connexion et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé directement ou indirectement au moyen de ressorts, pièces formant coin, excentriques, cônes, etc. sans préparation spéciale du conducteur autre que l'enlèvement de l'isolant

3.3 Termes et définitions relatifs aux fonctions de courant différentiel résiduel

3.3.1 Termes et définitions relatifs aux courants circulant entre les parties actives et la terre

3.3.1.1

courant de fuite

courant qui s'écoule des parties actives de l'installation à la terre, en l'absence de tout défaut d'isolement

3.3.1.2

courant continu pulsé

courant de forme d'onde pulsée prenant à chaque période de la fréquence assignée la valeur 0 ou une valeur ne dépassant pas 0,006 A en courant continu pendant un intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, d'au moins 150°

3.3.1.3

angle de retard de conduction

α

intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, pendant lequel le point de départ de la conduction est retardé par commande de phase

3.3.1.4

défaillance de l'alimentation

- neutre ouvert;
- phase(s) ouverte(s)

Note 1 à l'article: Voir conducteur de protection actif et donc dangereux en 3.3.3.16.

3.3.1.5

courant continu lissé

courant continu sans ondulation

3.3.1.6

courant composé

courant composé de plusieurs fréquences significatives de forme sinusoïdale

3.3.2 Termes et définitions relatifs à l'alimentation de la fonction de courant différentiel résiduel

3.3.2.1

courant différentiel résiduel

I_{Δ}

somme vectorielle des valeurs instantanées des courants circulant dans le circuit principal de la fonction de courant différentiel résiduel (exprimée en valeur efficace)

3.3.2.2**courant différentiel de fonctionnement**

valeur de courant différentiel qui fait fonctionner la fonction de courant différentiel résiduel dans des conditions spécifiées

3.3.2.3**courant différentiel de non-fonctionnement**

valeur du courant différentiel pour laquelle et au-dessous de laquelle la fonction de courant différentiel résiduel ne fonctionne pas dans des conditions spécifiées

3.3.3 Termes et définitions relatifs au fonctionnement et aux fonctions de l'IC-CPD**3.3.3.1****fonction de courant différentiel résiduel**

fonction qui incorpore les dispositifs de détection du courant différentiel résiduel, de comparaison de la valeur de ce courant à la valeur de fonctionnement du courant différentiel résiduel et d'ouverture du circuit protégé lorsque le courant différentiel résiduel dépasse la valeur de fonctionnement du courant différentiel résiduel

3.3.3.2**IC-CPD****dispositif de contrôle et de protection intégré au câble de charge**

ensemble de pièces ou de composants liés comprenant les câbles, la fiche et la prise mobile de véhicule pour l'alimentation des véhicules électriques en charge de mode 2, qui assurent des fonctions de commande et de sécurité

Note 1 à l'article: Pour l'usage de l'IC-CPD, voir la Figure 30.

Note 2 à l'article: L'abréviation "IC-CPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "in-cable control and protection device".

Note 3 à l'article: Voir l'Annexe E pour un exemple d'IC-CPD pour la charge en mode 2.

3.3.3.3**appareil de connexion**

appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

3.3.3.4**durée de coupure**

temps qui s'écoule entre l'instant où le courant différentiel de fonctionnement est appliqué soudainement et l'instant de l'extinction de l'arc dans tous les pôles d'un IC-CPD

3.3.3.5**position de fermeture**

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal de l'IC-CPD est assurée

3.3.3.6**position d'ouverture**

position dans laquelle la distance d'isolement dans l'air prédéterminée est assurée entre les contacts ouverts du circuit principal de l'IC-CPD

3.3.3.7**pôle**

partie d'un IC-CPD exclusivement associée à une voie de courant de son circuit principal, électriquement séparée, équipée de contacts destinés à connecter et déconnecter le circuit principal lui-même et excluant les parties par le moyen desquelles le montage et le fonctionnement des pôles sont assurés

3.3.3.8

circuit principal

ensemble des parties conductrices d'un IC-CPD insérées dans les voies de courant

3.3.3.9

circuit de commande

circuit (autre qu'une voie du circuit principal) destiné à la manœuvre de fermeture et/ou d'ouverture d'un IC-CPD

Note 1 à l'article: Voir la Figure E.1.

3.3.3.10

dispositif d'essai

dispositif incorporé dans l'IC-CPD qui simule les conditions de courant différentiel résiduel pour le fonctionnement de l'IC-CPD dans des conditions spécifiées

3.3.3.11

IC-CPD de type LNSE/LLSE

type LNSE/LLSE

dispositif qui comporte un conducteur de protection commuté utilisé dans une alimentation entre phase et neutre (L, N, PE), ainsi que dans une alimentation entre deux phases (L1, L2, PE)

Note 1 à l'article: Pour obtenir des exemples, voir l'Annexe D.

3.3.3.12

IC-CPD de type LLLNSE

type LLLNSE

dispositif qui comporte un conducteur de protection commuté utilisé dans une alimentation polyphasée (L1, L2, L3, N, PE)

Note 1 à l'article: Un IC-CPD de type LLLNSE utilise une ou plusieurs phases d'une alimentation polyphasée (LLNSE, par exemple).

3.3.3.13

IC-CPD de type LNE/LLE

type LNE/LLE

dispositif qui comporte un conducteur de protection non commuté utilisé dans une alimentation entre phase et neutre (L, N, PE), ainsi que dans une alimentation entre deux phases (L1, L2, PE)

3.3.3.14

IC-CPD de type LLLNE

type LLLNE

dispositif qui comporte un conducteur de protection non commuté utilisé dans une alimentation polyphasée (L1, L2, L3, N, PE)

Note 1 à l'article: Un IC-CPD de type LLLNE utilise une ou plusieurs phases d'une alimentation polyphasée (LLNE, par exemple).

3.3.3.15

conducteur de protection

PE

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-09, modifié – L'abréviation "PE" a été ajouté, et dans la définition, "sécurité électrique" a été remplacé par "sécurité" et "par exemple protection contre les chocs électriques" a été ajouté.]

3.3.3.16**conducteur de protection actif et donc dangereux**

condition de mauvais câblage ou de défaut où le conducteur de protection du socle est actif

Note 1 à l'article: Voir défaillance d'alimentation en 3.3.1.4.

3.3.3.17**contrôleur de fonction pilote de commande****CPFC**

dispositif placé dans le système d'alimentation pour VE et le VE en vue d'assurer la fonction pilote de commande et la génération du signal de modulation de largeur d'impulsions (MLI)

Note 1 à l'article: Voir la Figure E.1.

Note 2 à l'article: L'abréviation "CPFC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "control pilot function controller".

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.4, modifié – La Note à l'article a été ajoutée.]

3.3.3.18**fonction de commutation**

dispositif qui assure la connexion de l'alimentation et/ou du conducteur de protection au VE pour assurer la charge

Note 1 à l'article: Voir la Figure E.1.

3.3.4 Termes et définitions relatifs aux valeurs et aux plages des grandeurs d'alimentation**3.3.4.1****surintensité de non-fonctionnement**

valeur maximale d'une surintensité d'une charge monophasée dans le circuit principal qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre, et en l'absence d'un courant de fuite à la terre, peut parcourir un IC-CPD bipolaire sans provoquer l'ouverture du circuit par l'IC-CPD

3.3.4.2**courant différentiel de tenue au court-circuit**

valeur maximale du courant différentiel pour laquelle le fonctionnement de l'IC-CPD est assuré dans des conditions spécifiées et au-dessus de laquelle le dispositif peut être endommagé

3.3.4.3**courant présumé**

courant qui circulerait dans le circuit, si chaque voie principale de courant de l'IC-CPD et du dispositif de protection contre les surintensités (le cas échéant) était remplacée par un conducteur d'impédance négligeable

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique également de la même façon au cas d'un courant réel, par exemple courant de coupure présumé, courant de crête présumé, courant différentiel présumé.

3.3.4.4**pouvoir de fermeture**

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un IC-CPD est capable d'établir sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.3.4.5**pouvoir de coupure**

valeur de la composante alternative du courant présumé qu'un IC-CPD est capable d'interrompre sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.3.4.6

pouvoir de fermeture et de coupure différentiel

valeur de la composante alternative du courant différentiel présumé qu'un IC-CPD est capable d'établir, de supporter pendant son temps d'ouverture et d'interrompre dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.3.4.7

courant conditionnel de court-circuit

valeur de la composante alternative du courant présumé qu'un IC-CPD, protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) approprié placé en série peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.3.4.8

courant différentiel conditionnel de court-circuit

valeur de la composante alternative du courant différentiel présumé qu'un IC-CPD protégé par un DPCC placé en série peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.3.4.9

U_x

valeur limite de la tension d'alimentation à laquelle un IC-CPD accomplit les fonctions prévues déclarées par le fabricant de l'IC-CPD

3.3.4.10

I^2t

intégrale de Joule

intégrale du carré du courant pendant un intervalle de temps spécifié (t_0 , t_1):

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

3.3.4.11

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les connexions d'alimentation d'un IC-CPD après l'interruption du courant

Note 1 à l'article: Cette tension comprend deux intervalles de temps successifs: un intervalle au cours duquel une tension transitoire est présente, suivi d'un second intervalle au cours duquel seule une tension à fréquence industrielle est présente.

3.3.4.11.1

tension transitoire de rétablissement

tension de rétablissement tant qu'elle comporte un caractère transitoire appréciable

Note 1 à l'article: La tension transitoire peut être oscillatoire, non oscillatoire ou une combinaison de celles-ci, selon les caractéristiques du circuit et de l'IC-CPD.

3.3.4.11.2

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes de tension transitoire

3.3.5 Termes et définitions relatifs aux valeurs et aux plages des grandeurs d'influence

3.3.5.1

grandeur d'influence

toute grandeur susceptible de modifier le fonctionnement spécifié d'un IC-CPD

3.3.5.2**température de l'air ambiant**

température déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure l'IC-CPD

3.3.6 Termes et définitions relatifs aux conditions de manœuvre**3.3.6.1****manœuvre**

passage du ou des contacts mobiles de la position d'ouverture à la position de fermeture, ou vice versa

Note 1 à l'article: Si une distinction est nécessaire, on emploiera les termes manœuvre électrique, s'il s'agit d'une opération au sens électrique (par exemple: établissement ou coupure) et manœuvre mécanique, s'il s'agit d'une opération au sens mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

3.3.6.2**manœuvre de fermeture**

manœuvre dans laquelle l'IC-CPD est amené de la position d'ouverture à la position de fermeture

3.3.6.3**manœuvre d'ouverture**

manœuvre dans laquelle l'IC-CPD est amené de la position de fermeture à la position d'ouverture

3.3.6.4**cycle de manœuvres**

suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position

3.3.6.5**séquence de manœuvres**

suite de manœuvres spécifiées effectuées avec des intervalles de temps spécifiés

3.3.7 Termes et définitions relatifs aux fonctions de commande entre le véhicule électrique et l'IC-CPD**3.3.7.1****état du système**

état qui indique différents états pendant le processus de charge, conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A

EXEMPLE Connecté, prêt à être chargé, en charge.

3.3.7.2**conducteur pilote de commande**

conducteur isolé intégré dans un câble de charge, qui, avec le conducteur de protection, fait partie du circuit pilote de commande

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.1]

3.3.7.3**fonction pilote de commande**

fonction permettant de surveiller et de contrôler l'interaction entre le VE et le boîtier de fonctions

[SOURCE: IEC 61851-1:2017, 3.3.3, modifié – "système d'alimentation pour VE" a été remplacé par "boîtier de fonctions".]

3.4 Termes et définitions relatifs aux essais

3.4.1

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines exigences

3.4.2

essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque appareil en cours et/ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

3.4.3

autotest

essai lancé automatiquement pour vérifier la capacité de l'IC-CPD à détecter un courant différentiel résiduel

3.5 Termes et définitions relatifs à la construction

3.5.1

boîtier de fonctions

fonctions de commande et/ou de sécurité intégrées dans des enveloppes appropriées, faisant partie de l'IC-CPD

3.5.2

matériel de classe I

matériel qui met en œuvre une isolation principale comme protection principale et une liaison de protection comme protection en cas de défaut

4 Classification

4.1 Selon l'alimentation

4.1.1 Généralités

Un IC-CPD peut être classifié comme étant compatible avec plusieurs systèmes d'alimentation.

4.1.2 IC-CPD alimentés entre une phase et le neutre et entre deux phases (LNSE/LLSE ou LNE/LLE)

Les IC-CPD relevant de cette classification sont alimentés entre une phase et le neutre et entre deux phases.

4.1.3 IC-CPD alimentés entre trois phases et le neutre (LLLNSE ou LLLNE)

Les IC-CPD relevant de cette classification sont alimentés entre trois phases et le neutre.

NOTE Cette classification englobe les IC-CPD qui utilisent une ou plusieurs phases d'une alimentation polyphasée (LLNSE ou LLNE, par exemple).

4.2 Selon la construction

4.2.1 Généralités

Un IC-CPD peut être classifié selon l'une des constructions suivantes (voir l'Annexe F pour les types d'IC-CPD du point de vue de la construction et de l'assemblage).

4.2.2 IC-CPD où le boîtier de fonctions est séparé de la fiche et de la prise mobile de véhicule

Fonction de courant différentiel résiduel, appareil de connexion et fonction pilote de commande intégrés dans un boîtier de fonctions entre la fiche et la prise mobile de véhicule (voir la Figure F.1).

4.2.3 IC-CPD modulaire

Un IC-CPD modulaire peut être classifié selon l'une des constructions suivantes:

- a) fonction de courant différentiel résiduel et appareil de connexion intégrés dans la fiche, et contrôleur de fonction pilote de commande intégré dans un boîtier de fonctions séparé entre la fiche et la prise mobile de véhicule (voir la Figure F.2);
- b) fonction de courant différentiel résiduel et appareil de connexion intégrés dans la fiche, et contrôleur de fonction pilote de commande intégré dans la prise mobile de véhicule (voir la Figure F.3).

NOTE Un appareil de connexion supplémentaire connecté en série à la fonction pilote de commande peut être placé en dehors de la partie fiche.

4.3 Classification selon la méthode de raccordement du ou des câbles

4.3.1 Généralités

Les câbles entre les différents composants de l'IC-CPD peuvent être connectés à ces composants selon différentes méthodes. Si différentes méthodes de connexion sont utilisées avec un jeu de cordons, l'IC-CPD doit être classifié selon toutes les méthodes utilisées et les différentes parties doivent être déclarées séparément.

4.3.2 IC-CPD non démontables

L'IC-CPD ou la partie déclarée sont fournis sous forme d'un jeu de cordons pleinement fonctionnel qui comprend l'ensemble des composants. Il n'est pas prévu que la fiche intermédiaire des câbles, le logement interne des câbles (le cas échéant) et les prises mobiles de véhicules soient remplacés ou changés par l'utilisateur ou par d'autres personnes après connexion et assemblage par le fabricant.

4.3.3 IC-CPD câblés par le fabricant

L'accès aux connexions de l'IC-CPD ou aux parties déclarées aux fins de leur remplacement ne doit s'effectuer qu'à l'aide d'un outil spécial.

L'IC-CPD est fourni sous la forme d'un jeu pleinement fonctionnel de cordons, ou seule l'unité ou seules les unités qui contiennent la fonction de courant différentiel résiduel et la fonction pilote de commande sont fournies (voir le 3.1.6).

4.3.4 IC-CPD enfichables

L'IC-CPD ou la partie déclarée inclut au moins une combinaison fiche/socle d'interconnexion.

4.4 Classification selon la voie du conducteur de protection

4.4.1 Généralités

Un IC-CPD peut être classifié comme ayant un conducteur de protection commuté ou non commuté.

4.4.2 IC-CPD équipés d'un conducteur de protection commuté

Cette classification englobe les IC-CPD qui comportent un conducteur de protection commuté.

4.4.3 IC-CPD équipés d'un conducteur de protection non commuté

Cette classification englobe les IC-CPD qui comportent un conducteur de protection non commuté.

4.5 Classification selon la vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont

4.5.1 Généralités

Un IC-CPD peut être classifié selon son comportement relatif à la disponibilité du conducteur de protection amont.

4.5.2 IC-CPD avec vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont

Un IC-CPD classifié selon le présent 4.5.2 est capable de détecter la présence et la continuité du conducteur de protection en amont du socle. Dans les réseaux IT, ces dispositifs peuvent ne pas pouvoir être utilisés, car la vérification du conducteur de protection sera infructueuse si de tels dispositifs sont utilisés.

Un IC-CPD classifié selon le 4.5.2 peut comporter une fonction qui permet de désactiver la vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont. Après le raccordement à un socle, un signal visuel ou sonore doit indiquer pendant au moins 30 s que la fonction de détection est désactivée. Si la fonction de détection est désactivée après un branchement, cette désactivation doit être indiquée de la même manière.

4.5.3 IC-CPD sans vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont

IC-CPD ne détectant pas la présence et la continuité du conducteur de protection en amont du socle. Ces dispositifs conviennent également aux réseaux IT.

4.6 Classification selon l'utilisation

4.6.1 IC-CPD pour utilisation mobile

IC-CPD qui peut être utilisé comme un dispositif portable.

4.6.2 IC-CPD pour montage mural

IC-CPD conçu pour être utilisé uniquement lorsqu'il est suspendu dans la position de fonctionnement prévue. Des dispositifs de ce type peuvent être facilement retirés de l'endroit, où ils étaient suspendus.

NOTE Cette classification comprend toutes les positions sur une hauteur qui procurent le même degré de protection que pour le montage mural, par exemple, fixation au plafond, sur des piliers, etc.

4.6.3 IC-CPD pour utilisation mobile et pour montage mural

IC-CPD qui peut être utilisé comme un dispositif portable, mais aussi lorsqu'il est suspendu dans la position de fonctionnement prévue. Des dispositifs de ce type peuvent être facilement retirés de l'endroit, où ils étaient suspendus.

5 Caractéristiques des IC-CPD

5.1 Récapitulatif des caractéristiques

Les IC-CPD sont fournis avec des contacts de commutation pour la ou les lignes et le neutre, le cas échéant. Les IC-CPD classifiés selon le 4.4.2 comportent un contact de commutation pour le conducteur de protection.

Les IC-CPD ont une fonction de courant différentiel résiduel bien définie. Cette fonction assure la protection du véhicule électrique connecté contre les chocs électriques en cas de défaillance de la protection principale et/ou de la protection en cas de défaut conformément à l'IEC 61851-1.

La fonction de courant différentiel résiduel de l'IC-CPD doit être assurée:

- pour les courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux et pour les courants différentiels résiduels continus pulsés;
- pour les courants différentiels résiduels continus pulsés auxquels est superposé un courant différentiel résiduel continu lissé d'une intensité inférieure ou égale à 6 mA;
- pour les courants différentiels résiduels composés destinés aux circuits alimentés entre une phase et le neutre;
- avec ou sans commande de l'angle de phase, indépendamment de la polarité, que les courants soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

De plus, les IC-CPD doivent avoir un comportement défini en cas de défaillances de l'alimentation ou de mauvais câblage conformément au 9.7.6.

Par ailleurs, l'IC-CPD:

- vérifie la continuité électrique du conducteur de protection entre l'IC-CPD et le VE au moyen du circuit/de la fonction pilote de commande;
- se déclenche si le courant différentiel résiduel continu dépasse 6 mA;
- vérifie que le véhicule électrique est correctement connecté;

NOTE La connexion est par hypothèse correcte lorsque la continuité du circuit pilote de commande est détectée.

- établit ou coupe la connexion en fonction des états, conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A.

5.2 Grandeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tensions assignées

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

Valeur de tension ou plage de tensions, attribuée par le fabricant, à laquelle se rapportent les performances de l'IC-CPD.

NOTE Plusieurs tensions assignées peuvent être attribuées à un même IC-CPD.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

Valeur de la tension, attribuée par le fabricant, à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite de l'IC-CPD.

Sauf spécification contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale de l'IC-CPD. La tension assignée maximale ne doit en aucun cas dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Valeur du courant attribuée à l'IC-CPD par le fabricant et qui peut être supportée par l'IC-CPD en conditions de charge permanente.

5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Valeur du courant différentiel de fonctionnement (voir le 3.3.2.2), attribuée à l'IC-CPD par le fabricant et à laquelle l'IC-CPD doit fonctionner dans les conditions spécifiées.

5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

Valeur du courant différentiel de non-fonctionnement (voir le 3.3.2.3), attribuée à l'IC-CPD par le fabricant et à laquelle l'IC-CPD ne fonctionne pas dans les conditions spécifiées.

5.2.5 Fréquence assignée

Fréquence industrielle pour laquelle est conçu l'IC-CPD et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

Plusieurs fréquences assignées peuvent être attribuées à un même IC-CPD.

5.2.6 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé (voir le 3.3.4.3), attribuée par le fabricant, qu'un IC-CPD peut établir, supporter et couper dans les conditions spécifiées.

Les conditions sont spécifiées en 9.9.2.2.

5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Valeur efficace de la composante alternative du courant différentiel présumé (voir le 3.3.2.1 et le 3.3.4.3), attribuée par le fabricant, qu'un IC-CPD peut établir, supporter et couper dans les conditions spécifiées.

Les conditions sont spécifiées en 9.9.2.3.

5.2.8 Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels comportant une composante continue

Selon ses caractéristiques de fonctionnement, le déclenchement d'un IC-CPD est assuré pour les courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux, les courants différentiels résiduels continus pulsés et les courants différentiels résiduels continus lissés supérieurs à 6 mA, qu'ils soient brusquement appliqués ou qu'ils augmentent lentement.

5.2.9 Coordination de l'isolement, y compris les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air

Les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air sont données en 8.4.3.

5.2.10 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

5.2.10.1 Généralités

La coordination entre les IC-CPD et les différents dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) doit être vérifiée dans les conditions générales du 9.9.2.1, par les essais décrits en 9.9.2.4 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 $I_{\Delta c}$.

5.2.10.2 Courant conditionnel assigné de court-circuit (I_{nc})

Valeur efficace du courant présumé, attribuée par le fabricant, qu'un IC-CPD protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans subir d'altérations compromettant son fonctionnement. Les conditions sont spécifiées en 9.9.2.4 a).

5.2.10.3 Courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit ($I_{\Delta c}$)

Valeur du courant différentiel présumé, attribuée par le fabricant, qu'un IC-CPD protégé par un DPCC peut supporter dans les conditions spécifiées sans subir de dommages. Les conditions sont spécifiées en 9.9.2.4 c).

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 assignée sont 120 V, 230 V, 400 V et 480 V.

Lorsque le présent document fait référence à "230 V", cette valeur peut être interprétée comme étant égale à "220 V" ou "240 V". Lorsque le présent document fait référence à "400 V", cette valeur peut être interprétée comme étant égale à "380 V" ou "415 V".

Lorsque le présent document fait référence à "120 V", "120/240 V" ou "240 V", ces valeurs peuvent être interprétées comme étant respectivement égales à "100 V", "100/200 V" ou "200 V".

Lorsque le présent document fait référence à "240 V en triphasé", cette valeur peut être interprétée comme étant égale à "100 V" ou "120/208 V".

La tension d'emploi assignée de l'IC-CPD ne doit pas être supérieure à la tension assignée de la fiche.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont indiquées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs préférentielles du courant assigné et valeurs préférentielles correspondantes de la tension assignée

Type	Tension assignée V	Courant assigné A
Systèmes triphasés	480 ^a	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 24, 30, 32
	400	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 25, 32
	240	15, 20, 30
Systèmes monophasés et biphasés	230	6, 8, 10, 13, 15, 16, 20, 25, 30, 32
	120	6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 30, 32
^a Uniquement pour les systèmes avec mise à la terre par point milieu ou point neutre, pour une tension à la terre de 240 V ou 277 V, le cas échéant.		

Si l'IC-CPD prend en charge un circuit pilote de commande simplifié, le courant assigné doit être d'au moins 10 A.

NOTE Dans certains pays, le circuit pilote de commande simplifié n'est pas autorisé: États-Unis.

Le courant assigné d'un IC-CPD classifié selon le 4.3.2 ou le 4.3.3 ne doit pas dépasser le courant assigné de la fiche.

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 – 0,015 A – 0,02 A – 0,03 A.

5.3.4 Valeur normalisée du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

La valeur normalisée du courant différentiel de non-fonctionnement alternatif est $0,5 I_{\Delta n}$.

Si, pour les IC-CPD conformes au 4.4.2, 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 $0,25 I_{\Delta n}$.

5.3.5 Valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes de l'IC-CPD

La valeur normalisée minimale de la surintensité de non-fonctionnement aux bornes de l'IC-CPD 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 ou 50/60 Hz.

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 100 A.

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 de 100 A.

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 limites de la durée de coupure

Les valeurs limites de la durée de coupure sont données dans le Tableau 2 pour les courants différentiels résiduels alternatifs, dans le Tableau 3 pour les courants différentiels résiduels continus lissés et dans le Tableau 4 pour les courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé ou en triphasé.

Tableau 2 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels alternatifs à la fréquence assignée

Valeurs limites de la durée de coupure pour différentes valeurs de courant différentiel résiduel ($I_{\Delta n}$)			
s			
$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A ^a
0,3	0,15	0,04	0,04

Il convient que la valeur maximale du courant d'essai ne dépasse pas I_m .

NOTE Pour le fonctionnement avec des courants différentiels résiduels comportant une composante continue, voir le 9.7.3.

^a Les essais à 5 A, 10 A, 20 A, 50 A et 100 A sont réalisés uniquement pendant la vérification du fonctionnement correct décrite en 9.7.2.5.

Tableau 3 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels continus lissés

Valeurs limites de la durée de coupure pour différentes valeurs de courant différentiel résiduel continu		
s		
6 mA	60 mA	300 mA
10,0	0,3	0,04

Tableau 4 – Valeurs limites de la durée de coupure pour des courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé ou en triphasé

Valeurs limites de la durée de coupure pour différentes valeurs de courant différentiel résiduel continu pulsé (I_{Δ})			
s			
$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$	5 A, 10 A, 20 A, 50 A
0,3	0,15	0,04	0,04

6 Marquage et autres informations sur le produit

6.1 Données à apposer sur l'IC-CPD

Les données suivantes doivent être apposées de façon durable sur l'IC-CPD:

- le nom ou la marque du fabricant ou du distributeur;
- la désignation du type ou le numéro de catalogue;
- la tension assignée;
- la fréquence assignée si l'IC-CPD est conçu pour d'autres fréquences que 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz (voir le 5.3.6);
- le courant assigné;
- le courant différentiel de fonctionnement assigné;
- le degré de protection. Le degré de protection IP s'applique au boîtier de fonctions uniquement;
- le marquage avec le nom du produit: IC-CPD;

- j) les IC-CPD conçus pour un fonctionnement à une température inférieure de -25°C (voir le

9.7.2.8) doivent porter le marquage , s'il y a lieu. Si une valeur inférieure à -25°C est spécifiée par le fabricant, la valeur déclarée doit être un multiple de 5°C ; le symbole doit indiquer cette valeur;

- k) pour un IC-CPD classifié selon le 4.5.2, un énoncé indiquant qu'il est possible que l'IC-CPD ne fonctionne pas s'il est utilisé sur un réseau IT ou sur tout autre système non mis à la terre tel qu'un générateur à enroulements isolés ou un transformateur d'isolement.



Marquage du symbole suivant: IEC 60417-6293 (2015-05).

L'énoncé n'est pas nécessaire pour un IC-CPD classifié selon le 4.5.2 équipé d'une fonction qui permet de désactiver la vérification de la disponibilité du conducteur de protection amont.

Ces informations peuvent figurer sur une étiquette durable fixée au câble;

- l) la valeur du courant différentiel de non-fonctionnement $I_{\Delta no}$, si celle-ci est différente de $0,5 I_{\Delta n}$;

- m) l'indication suivante selon la conception de la voie du conducteur de protection:

- classifié selon le 4.4.2 avec le marquage:  IEC 60417-6289 (2015-03);

- classifié selon le 4.4.3 avec le marquage:  IEC 60417-6290 (2015-03);

- le symbole peut être intégré à un schéma de câblage;

- n) des informations supplémentaires sur les données techniques à des altitudes plus élevées, le cas échéant;

- o) le courant de charge maximal de l'IC-CPD, s'il est inférieur au courant assigné.

Pour le marquage du courant assigné et de la tension assignée, il est admis de n'utiliser que des nombres. 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 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 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	~ IEC 60417-5032 (2002-10)
neutre	N
terre de protection	 IEC 60417-5019 (2006-08)

Pour les détails des symboles du courant alternatif et du conducteur de protection, voir l'IEC 60417.

Les marquages a), b), c), d), e), f), g), h), j), k), l), m) et o) doivent être apposés sur l'enveloppe du boîtier de fonctions, ou sur une ou plusieurs plaques signalétiques fixées à l'IC-CPD. En outre, ils doivent être placés de manière à être visibles et lisibles lorsque l'IC-CPD est assemblé comme en usage normal.

L'information sous l'élément k) doit également être donnée dans la feuille d'instructions. Cette information peut être indiquée dans le manuel du véhicule.

L'information sous l'élément n) doit être donnée dans la feuille d'instructions.

Les organes de manœuvre et les dispositifs indicateurs doivent être marqués conformément aux instructions de fonctionnement.

Les bornes, à l'exception de celles des IC-CPD classifiés selon le 4.3.2, doivent porter, selon le cas, l'indication "L" ou "N" ainsi que le symbole de la terre de protection $\oplus$ IEC 60417-5019 (2006-08).

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 ou par des flèches qui indiquent la direction du flux de puissance, par exemple).

De plus, les bornes sans vis des dispositifs classifiés selon le 4.3.3 doivent comporter un marquage approprié qui indique la longueur de l'isolant à enlever avant l'insertion du conducteur dans la borne sans vis.

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 à l'utilisateur final

Les informations suivantes doivent être fournies à l'utilisateur final:

- a) informations destinées à l'utilisateur relatives au processus automatique de vérification pour l'autotest;
- b) informations précisant que le dispositif ne doit pas être utilisé s'il ne fonctionne pas correctement, conformément aux instructions, et indiquant à l'utilisateur de demander l'avis du fabricant, du vendeur responsable ou d'un électricien;
- c) informations qui mettent en garde contre un stockage ou une utilisation dans d'autres conditions que celles spécifiées dans le Tableau 5 et contre les mauvaises utilisations telles que la chute, l'immersion, etc.;
- d) informations qui indiquent à l'utilisateur que l'IC-CPD doit être branché sans utiliser d'adaptateur, sauf si celui-ci fait partie de l'IC-CPD et qu'il satisfait aux exigences d'un IC-CPD enfichable;
- e) informations destinées à l'utilisateur, précisant que l'IC-CPD doit être branché directement au socle fixe, sans utiliser de cordon prolongateur;
- f) informations sur les défaillances détectées et indications correspondantes fournies par le produit en cas de défaillance;
- g) informations qui précisent que les composants d'un IC-CPD enfichable ne doivent pas être connectés ni déconnectés tant que l'IC-CPD est utilisé (fiche engagée dans un socle ou prise mobile de véhicule raccordée à un socle de connecteur de véhicule);

- h) liste d'instructions concernant le raccordement de l'IC-CPD au socle et au véhicule, et sur les consignes de stockage appropriées. Cela inclut les informations fournies à l'utilisateur, qui sont recommandées pour l'installation électrique destinée à la charge des véhicules électriques (VE) à vérifier par un installateur électrique;
- i) informations concernant les composants d'un IC-CPD enfichable qui peuvent être utilisés de manière combinée.

NOTE Le Guide 37 de l'ISO/IEC fournit des informations relatives aux instructions d'emploi

La conformité est vérifiée par examen.

7 Conditions normalisées de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normalisées

Les IC-CPD conformes au présent document doivent être capables de fonctionner dans les conditions normalisées indiquées dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Conditions normalisées de fonctionnement en service

Grandeur d'influence	Plage d'application normale	Valeur de référence	Tolérances d'essai ^e
Température ambiante ^{a, f, h}	–25 °C à +40 °C ^b	23 °C	±5 °C
Altitude	Jusqu'à 2 000 m ^g		
Humidité relative (valeur maximale à 40 °C)	75 % ^c		
Champ magnétique externe	Inférieure ou égale à cinq fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	^d
Fréquence	Valeur de référence ±5 %	Valeur assignée	±2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %

^a La valeur maximale de la température moyenne journalière est de 35 °C.

^b Des valeurs en dehors de cette plage sont admises. Les valeurs déclarées doivent être un multiple de 5 °C.

^c Des niveaux d'humidité relative plus élevés sont admis à des températures plus basses (par exemple, 90 % à 20 °C).

^d Il convient de ne pas utiliser les IC-CPD à proximité d'un fort champ magnétique. Si l'IC-CPD est utilisé à proximité d'un fort champ magnétique, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires.

^e Les tolérances données s'appliquent, sauf spécification contraire dans l'essai concerné.

^f Des limites extrêmes de –40 °C et +85 °C pour les IC-CPD sont admises pendant le stockage et le transport.

^g Pour les altitudes plus élevées, il est nécessaire de prendre en compte la réduction de la rigidité diélectrique et l'effet de refroidissement de l'air. Par conséquent, conformément au Tableau 7, l'augmentation des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air doit être considérée et le fabricant doit fournir des informations supplémentaires sur les caractéristiques techniques en cas d'utilisation à des altitudes plus élevées.

^h Si l'IC-CPD est équipé d'une fiche conforme à une norme avec une température maximale normalisée inférieure ou une valeur minimale normalisée supérieure, alors cette température s'applique à l'ensemble de l'IC-CPD.

Pour les fiches conformes à l'IEC 60884-1, la température maximale est de 35 °C et la température minimale est de –5 °C. Les fiches pour usages domestiques destinées à être utilisées à des températures ambiantes inférieures à –5 °C jusqu'à –45 °C inclus sont traitées à l'Annexe G de l'IEC 60884-1:2022.

Pour les fiches conformes à l'IEC 60309-1, la température la plus élevée est de 40 °C et la température minimale est de –25 °C, sauf si le fabricant indique des valeurs supérieures.

7.2 Conditions d'installation

Les IC-CPD doivent être utilisés conformément aux instructions fournies.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Conception mécanique

Les IC-CPD doivent être conçus et construits de telle sorte qu'en usage normal leurs performances soient fiables et que le risque de danger pour l'utilisateur et l'environnement, même dans les conditions de mauvais câblage définies dans le présent document, soit réduit le plus possible.

Pour les dispositifs classifiés selon le 4.3.2 (non démontables) et le 4.3.4 (enfichables), il doit être vérifié que le câblage du dispositif ne peut pas être modifié sans laisser de dommages permanents et visibles.

Pour les dispositifs classifiés selon le 4.3.3, il doit être vérifié que l'utilisateur ne peut pas altérer l'IC-CPD sans laisser de dommages permanents et visibles.

Les IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4 doivent comporter un dispositif de retenue qui maintient en place les accessoires et empêche tout retrait non intentionnel.

Les IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4 ne doivent pas être opérationnels si aucun dispositif de retenue n'est engagé pour la combinaison fiche/socle d'interconnexion.

L'IC-CPD ne doit pas être fonctionnel tant que l'ensemble des fonctions obligatoires ne sont pas correctement connectées.

À l'exception des fiches et de la prise mobile de véhicule, l'IC-CPD doit procurer un degré de protection IPXXD au minimum conformément à l'IEC 60529, après avoir été assemblé comme en usage normal.

Les fiches et socles d'interconnexion des IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4 doivent procurer le degré de protection minimal IPXXB conformément à l'IEC 60529, avant d'être accouplés.

NOTE 1 En Norvège, les fiches et socles d'interconnexion des IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4 doivent procurer le degré de protection IP67 conformément à l'IEC 60529 lorsqu'ils sont accouplés.

Une longueur maximale de câble de 1,7 m est admise entre la fiche et le boîtier de fonctions.

Si le ou les boîtiers de fonctions sont situés à plus de 0,3 m de la fiche, ils doivent être résistants à l'écrasement, comme cela est défini en 9.32.

Il est recommandé que la longueur de câble entre le boîtier de fonctions et la fiche soit d'au moins 250 mm, afin de permettre aux utilisateurs de brancher l'IC-CPD à des socles publiquement accessibles protégés par des couvre-prise (clapet, couvercle, par exemple).

NOTE 2 L'Annexe E de l'IEC 61851-1:2017 fournit des recommandations concernant les dimensions de l'espace à laisser autour des socles utilisés pour l'alimentation en énergie des VE.

Si la combinaison fiche/socle d'interconnexion d'un IC-CPD enfichable classifié selon le 4.3.4 est située à plus de 0,3 m de la fiche, elle doit être résistante à l'écrasement en position accouplée comme cela est défini en 9.32.

Pour les IC-CPD, le conducteur de protection doit être de couleur vert et jaune.

Aucune disposition ne doit permettre de modifier les caractéristiques de fonctionnement différentiel des IC-CPD.

Les fiches des IC-CPD doivent être mécaniquement et électriquement compatibles avec le système de prise de courant dans lequel elles sont destinées à être utilisées. Les exigences de la Norme nationale peuvent s'appliquer. En l'absence d'exigences nationales, les exigences de l'IEC 60884-1 doivent s'appliquer aux fiches pour usages domestiques et analogues et la série IEC 60309 doit s'appliquer aux fiches industrielles.

Les broches actives des fiches doivent être fabriquées en métal massif ou sous forme de lames en métal repliées sur elles-mêmes.

Des fiches industrielles non interchangeables peuvent être employées dans certaines applications et certains domaines spécifiques, conjointement avec la série IEC 60309.

Lorsqu'il est fait référence aux prises mobiles de véhicules, la série IEC 62196 s'applique.

La conformité est vérifiée par examen et par des essais.

8.2 Connexions électriques enfichables des IC-CPD enfichables classifiés selon le 4.3.4

8.2.1 Généralités

Les connexions d'un IC-CPD doivent être conçues de telle sorte que seuls les accessoires respectant les exigences du 8.2 puissent être connectés. Les fiches et socles d'interconnexion ne doivent pas pouvoir être accouplés d'une autre manière que celle déclarée par le fabricant. Les connexions enfichables conformes aux exigences du présent document ne doivent pas être accouplées aux systèmes spécifiés dans les feuilles de normes, par exemple les feuilles de normes de l'IEC 60309 (toutes les parties), l'IEC 60320 (toutes les parties), l'IEC 60906 (toutes les parties), ni aux systèmes nationaux de prises de courant domestiques du pays dans lequel est commercialisé le produit.

NOTE Les valeurs et configurations normalisées des systèmes existants de fiches et de socles sont indiquées dans l'IEC/TR 60083.

Si les composants d'un IC-CPD présentant des courants assignés différents sont accouplables, un moyen automatique sur lequel l'utilisateur final ne peut pas agir doit être prévu afin de limiter le courant maximal fourni par le signal pilote de commande de l'IC-CPD au courant assigné le plus faible des composants.

La connexion doit satisfaire aux exigences de l'Article 22 de l'IEC 60309-1:2021, au niveau d'engagement minimal de chaque contact spécifié par le fabricant pour une utilisation à l'intensité de courant nominale.

Pour les connexions électriques enfichables destinées à être branchées ou débranchées, le montage, le remplacement ou l'échange de composants de l'ensemble IC-CPD doit s'effectuer conformément aux exigences suivantes de l'IEC 60309-1:

- les appareils doivent comporter un contact de mise à la terre et doivent satisfaire aux exigences ainsi qu'aux essais applicables liés à la classification au 6.3 de l'IEC 60309-1:2021;
- les fiches et prises mobiles non démontables doivent satisfaire aux exigences, ainsi qu'aux essais liés à la classification au 6.4 de l'IEC 60309-1:2021;
- les appareils doivent procurer un degré de protection IPXXB au minimum et doivent satisfaire aux exigences ainsi qu'aux essais liés à la classification des socles et des prises mobiles au 6.8 de l'IEC 60309-1:2021;

- le dispositif de retenue peut être rendu inopérant avant l'essai, sous réserve d'un accord avec le fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des articles correspondants, indiqués pour chaque classification.

Les IC-CPD doivent être construits de telle sorte qu'en usage normal, lorsque les broches des fiches sont touchées, il n'y ait aucun risque de choc électrique du fait de condensateurs chargés produisant une capacité supérieure ou égale à 0,1 μF entre deux broches quelconques. La conformité est vérifiée par l'essai suivant. L'IC-CPD est alimenté à la tension assignée. L'IC-CPD est déconnecté du réseau d'alimentation à l'instant où se produit la crête de tension. Une seconde après la déconnexion, la tension entre les broches de la fiche est mesurée à l'aide d'un instrument dont l'impédance d'entrée est constituée d'une résistance de $100\text{ M}\Omega \pm 5\text{ M}\Omega$ en parallèle avec une capacité d'entrée de 25 pF ou moins. La tension ne doit pas dépasser 60 V.

8.2.2 Degré de protection procuré par une connexion électrique enfichable contre l'intrusion d'objets étrangers solides et contre l'eau, pour un IC-CPD enfichable

Tous les accessoires doivent procurer un degré de protection IP55 en position accouplée.

Tous les accessoires doivent procurer un degré de protection minimal IP24 en position non accouplée.

8.2.3 Pouvoir de coupure de la connexion électrique enfichable d'un IC-CPD enfichable

Le pouvoir de coupure doit être soumis à l'essai conformément à l'Article 20 de l'IEC 60309-1:2021.

Les essais en charge doivent être effectués conformément à l'Article 21 de l'IEC 60309-1:2021.

Le nombre d'essais à vide selon l'Article 21 de l'IEC 60309-1:2021 doit être déterminé par le courant assigné et par le nombre de cycles correspondant indiqué dans le Tableau 10 de l'IEC 60309-1:2021.

8.3 Construction

8.3.1 Généralités

Les moyens de suspension de l'IC-CPD, le cas échéant, doivent être soumis à l'essai conformément au 24.12 de l'IEC 60884-1:2022.

Il ne doit pas être possible de démonter un IC-CPD classifié selon le 4.3.2.

Les parties de l'assemblage classifié selon le 4.3.3 doivent être solidement assemblées et ne doivent pouvoir être démontées qu'à l'aide d'un outil spécial.

À l'exception des connexions enfichables des IC-CPD classifiés selon le 4.3.4, l'IC-CPD ne doit pouvoir être démonté qu'à l'aide d'un outil spécial.

Le contrôleur de fonction pilote de commande ne doit pas pouvoir fermer l'appareil de connexion:

- dans le cas d'un premier défaut au sein du contrôleur de fonction pilote de commande;
- dans le cas d'un premier défaut au niveau du circuit de commande de l'appareil de connexion;
- après un défaut de courant différentiel résiduel sans réarmement de l'IC-CPD.

Dans des conditions de premier défaut de la fonction pilote de commande (MLI), aucune situation de surcharge sérieuse ne doit se produire.

La conformité est vérifiée dans le cadre d'une analyse de défaut effectuée par le fabricant, par exemple une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE).

Si l'IC-CPD comporte une fiche pour usages domestiques, il doit également être équipé d'un dispositif de commande qui détecte la température des parties parcourues par un courant dans la fiche.

Si la température des parties parcourues par un courant dans la fiche atteint 70 °C, l'IC-CPD doit se mettre hors tension dans un délai de 10 s.

La température des parties parcourues par un courant dans la fiche ne doit pas dépasser 70 °C.

NOTE 1 De nouvelles séquences de charge peuvent être engagées en débranchant et en rebranchant la fiche de l'IC-CPD. Il existe d'autres options pour lancer une nouvelle séquence de charge, qui ne sont pas couvertes par la présente note.

Les capteurs de température doivent être choisis selon l'exactitude présumée et la plage de températures prévisible du mesurage. Ils doivent être placés à l'emplacement adéquat dans la fiche pour assurer un mesurage exact de la température des parties parcourues par un courant.

NOTE 2 En France, conformément au Décret n° 2021-546 du 4 mai 2021, le courant de charge est limité à 8 A par le système d'alimentation pour VE ou à la valeur assignée déclarée lorsque des fiches et socles dédiés à la charge des VE sont utilisés, conformément à la norme NF C61-314.

NOTE 3 Au Royaume-Uni et en Irlande, aucun dispositif de commande n'est exigé pour surveiller la température de la fiche. Le courant de charge maximal doit être de 13 A au Royaume-Uni et en Irlande. Les fiches doivent être conformes à la norme BS 1363-1, être classifiées comme étant adaptées à la charge de VE et porter le marquage BS 1363-1/EV.

NOTE 4 En Autriche, un IC-CPD équipé d'une fiche pour usages domestiques conforme à la norme OVE E 8684-1 avec un courant assigné de 16 A peut supporter une charge permanente de 10 A au maximum.

NOTE 5 En Allemagne, si l'IC-CPD est équipé d'une fiche pour usages domestiques conforme à la norme DIN VDE 0620-2-1:2021, le courant de charge permanent doit être limité à ≤ 10 A.

NOTE 6 Au Danemark, pour les IC-CPD alimentés avec une fiche pour usages domestiques et analogues, les charges continues répétées de longue durée doivent être limitées à 6 A.

NOTE 7 Au Danemark, les exigences du présent document ne peuvent remplacer ou modifier aucune partie des exigences nationales danoises pour les fiches pour usages domestiques et analogues conformes à la norme DS 60884-2-D1.

NOTE 8 En Italie, l'utilisation des appareils IEC 60309-2 est recommandée pour les connexions en mode 2 à plus de 10 A.

NOTE 9 En Norvège, si l'IC-CPD est équipé d'une fiche pour usages domestiques conforme à la norme NEK 502 (édition en vigueur), le courant de charge permanent doit être limité à ≤ 10 A.

En cas de défaillance du dispositif de commande thermique, la charge doit s'interrompre ou ne doit pas être possible.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.36.

Les fiches de l'IC-CPD doivent être non démontables.

Les prises mobiles de véhicules et la connexion à leurs câbles doivent être non démontables ou démontables par le fabricant. La connexion entre une prise mobile de véhicule et son câble ne doit pas être enfichable.

La conformité est vérifiée par examen.

8.3.2 Terminaisons des IC-CPD

Les terminaisons des IC-CPD doivent être disposées ou protégées de telle sorte qu'elles ne puissent pas engendrer une situation dangereuse.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.4.

8.3.3 Enveloppe des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3

L'enveloppe des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3 doit recouvrir 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.

8.3.4 Vis ou écrous de bornes des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3

Les IC-CPD classifiés 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.

8.3.5 Contraintes sur les conducteurs des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3

Les IC-CPD classifiés selon le 4.3.3 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 actifs. Le conducteur du pilote de commande ou les conducteurs analogues ne sont pas considérés comme des conducteurs actifs.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.21.

8.3.6 Exigences supplémentaires pour les IC-CPD classifiés selon le 4.3.3

Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.3.3, les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent:

- la méthode d'arrêt de traction et de protection contre 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 parties du composant;
- 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, le cas échéant, y compris les vis de serrage, doivent être isolées du circuit de mise à la terre.

La conformité est vérifiée par examen de la construction et des documents fournis par le fabricant.

8.3.7 Parties isolantes qui maintiennent en place les parties actives

Les parties isolantes à l'intérieur de l'IC-CPD qui maintiennent en place les parties actives doivent être solidement fixées.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.35.

8.3.8 Vis des IC-CPD classifiés selon le 4.3.3

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.

8.3.9 Dispositifs de suspension sur un mur ou sur d'autres surfaces de montage

Un IC-CPD équipé de dispositifs de suspension doit satisfaire aux exigences de protection contre les chocs électriques spécifiées en 8.5 lorsque de tels dispositifs sont montés ou non.

La conformité est vérifiée par examen.

8.3.10 Fiche qui fait partie intégrante d'un matériel enfichable directement

Le matériel enfichable directement ne doit provoquer aucun échauffement excessif des broches.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.6.

Le matériel enfichable directement conforme au 4.2.3 ne doit pas exercer des contraintes excessives sur les socles fixes.

Pour un IC-CPD qui comporte une fiche pour usages domestiques et analogues, la conformité est vérifiée par l'essai du 9.22.

8.3.11 Câbles souples et cordons et leur raccordement

8.3.11.1 Dispositif d'arrêt de câble

Toutes les parties d'un IC-CPD classifié selon le 4.3.3 et le 4.3.4, le cas échéant, 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 à des bornes ou à des terminaisons, et que leur revêtement soit protégé de 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 9.23.

8.3.11.2 Section minimale des câbles souples ou des cordons

Les IC-CPD doivent comporter un câble souple en cuivre qui fournit une protection contre les chocs électriques équivalente à la Classe II conformément à la série IEC 60227, à la série IEC 60245 ou à l'IEC 62893-3, selon le cas.

NOTE L'EN 50620:2017 et l'EN 50620:2017/A1:2019 définissent des caractéristiques analogues à l'IEC 62893-3.

Les sections minimales des conducteurs de charge et du conducteur de terre de protection sont indiquées dans le Tableau 6, en fonction de la limite de courant fournie par le signal pilote de commande.

Tableau 6 – Section minimale d'un câble souple ou d'un cordon

Limite de courant fournie par le signal pilote de commande	Section minimale mm ²	American Wire Gauge (AWG) Ø
≤ 13 A	1,5	16
13 A < I ≤ 20 A	2,5	14
20 A < I ≤ 32 A	6	10

Le fil pilote de commande doit avoir une section minimale de 0,5 mm²/AWG20.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et en vérifiant que les câbles souples sont conformes à la série IEC 60227, à la série IEC 60245 ou à l'IEC 62893-3, selon le cas.

8.3.11.3 Pliage

Les parties des IC-CPD 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 sûre.

NOTE Des ressorts métalliques hélicoïdaux, nus ou recouverts de matériau isolant ne conviennent pas comme protège-câbles.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.24.

8.4 Performances électriques

8.4.1 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 9.6.2, l'essai de court-circuit résiduel du 9.9.2.3 et l'essai de court-circuit conditionnel du 9.9.2.4 c).

8.4.2 Mécanisme de contact

Chaque conducteur de phase et le conducteur neutre, le cas échéant, de l'IC-CPD doivent être équipés de contacts de commutation. Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.4.2, 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 peut être possible de mettre hors tension l'IC-CPD lorsque celui-ci est alimenté comme en usage normal. Un dispositif d'essai peut être utilisé à cette fin.

L'IC-CPD 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.

Un dispositif d'essai peut être fourni.

Une vérification automatique doit assurer la détection des fermetures intempestives de contacts.

L'IC-CPD 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.

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 9.7.

8.4.3 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 7 lorsque l'IC-CPD est monté comme en usage normal. Les valeurs du Tableau 7 sont fondées sur l'IC-CPD conçu pour fonctionner dans un environnement de degré de pollution 2 et de catégorie de surtension II.

NOTE Si des altitudes, des degrés de pollution ou des catégories de surtensions plus élevés sont à l'étude, 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 7 est vérifiée par mesurage ou par l'essai du 9.5.5.3.1 et du 9.5.5.3.2. L'essai est effectué sur des échantillons qui n'ont pas été soumis au traitement à l'humidité décrit en 9.5.1.

Les distances d'isolement dans l'air spécifiées dans le Tableau 7 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 9.5.1, la conformité au Tableau 7 et les montages du 9.5.2 éléments b), c), d) et e) sont vérifiés dans l'ordre suivant:

- les essais selon le 9.5.2;

- l'essai selon le 9.5.5.2 est effectué en appliquant les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 10 et en utilisant les montages d'essai du 9.5.2 éléments b), c), d) et e).

Si les mesurages ne montrent aucune réduction des distances d'isolement dans l'air, l'essai du 9.5.5.2 n'est pas effectué.

Une double isolation ou une isolation renforcée doit être appliquée 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 9.5.5.2. La tension d'essai doit être multipliée par 1,6.

Tous les mesurages exigés en 8.4.3 doivent être effectués lors de la séquence d'essais A sur un échantillon et les essais du 9.5.5.2 doivent être réalisés avant les essais du 9.5.1 sur trois 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.

Les fiches pour usages domestiques et analogues doivent être conformes à la Norme nationale en vigueur. En l'absence de Norme nationale, l'IEC 60884-1 s'applique.

Pour les fiches industrielles, la série IEC 60309 s'applique.

Pour les prises mobiles de véhicules, l'IEC 62196-1 ou l'IEC 62196-2 s'applique.

Pour les circuits électroniques connectés avec les conducteurs actifs (phase et neutre) et/ou entre les conducteurs actifs et le circuit de terre, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite sur les cartes de circuits imprimés sont vérifiées par les essais du 9.26.

Tableau 7 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite minimales

	Distances d'isolement dans l'air minimales ^g				Lignes de fuite minimales ^c											
	mm				mm											
					Groupe IIIa ^d (175 V ≤ IRC < 400 V) ^b				Groupe II (400 V ≤ IRC < 600 V) ^b				Groupe I (600 V ≤ IRC) ^b			
Élément/ Description	Tension assignée V ^e				Tension de service V											
	U _{imp} 1,5 kV	U _{imp} 2,5 kV														
	120	250	230/ 400	480 ^h	120	250	400	480	120	250	400	480	120	250	400	480
1. Entre parties actives qui sont séparées lorsque les contacts sont en position ouverte ^a	0,5	1,5			1,5	2,5	4,0	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
2. Entre parties actives de polarité différente	0,5	1,5			1,5	2,5	4,0	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
3. Vacant																

		Distances d'isolement dans l'air minimales ^g				Lignes de fuite minimales ^c											
		mm				mm											
						Groupe IIIa ^d (175 V ≤ IRC < 400 V) ^b				Groupe II (400 V ≤ IRC < 600 V) ^b				Groupe I (600 V ≤ IRC) ^b			
Élément/ Description		Tension assignée V ^e				Tension de service V											
		U_{imp} 1,5 kV		U_{imp} 2,5 kV													
		120	250	230/ 400	480 ^h	120	250	400	480	120	250	400	480	120	250	400	480
4. isolation principale: entre les parties actives de l'IC-CPD et le PE		0,5	1,5			1,5	2,5	4	5	1,05	1,8	2,8	3,6	0,75	1,5	2,0	2,5
5. IC-CPD 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 ^f - les circuits TBTS et TBTP de la carte de circuit imprimé (circuit CP, par exemple) ^j		1,5	3			3	5	8	10	2,1	3,6	5,6	7,2	1,5	3	4	5

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 de l'IC-CPD 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, consulter l'Annexe C.

^d Pour le groupe de matériaux IIb (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 9.4 (voir la Figure 7).

^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.

^h Cette application concerne uniquement un système 2P/3W de 480 V (entre phase et neutre < 300 V). Le Tableau 7 s'applique uniquement aux réseaux de puissance mis à la terre.

^j Pour les valeurs de très basse tension (TBTS ou TBTP), voir l'IEC 61140.

8.5 Protection contre les chocs électriques

8.5.1 Généralités

Les IC-CPD doivent être conçus de sorte que les parties actives ne soient pas accessibles lorsqu'ils sont utilisés conformément aux instructions du fabricant.

Les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque l'IC-CPD 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 intérieure en matériau isolant. Le revêtement doit être fixé de telle sorte qu'il ne soit pas susceptible de se désolidariser.

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.

Les parties accessibles des organes de manœuvre doivent être réalisées dans un matériau isolant.

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 8.5.1.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais du 9.4.

8.5.2 Exigences relatives aux fiches, qu'elles soient incorporées ou non dans des éléments complets

Les fiches pour usages domestiques et analogues sont couvertes par les exigences des Normes nationales. En l'absence de Norme nationale, l'IEC 60884-1 s'applique.

Pour les fiches industrielles, la série IEC 60309 s'applique.

8.5.3 Degré de protection du boîtier de fonctions

Les éléments du boîtier de fonctions après assemblage comme en usage normal ne doivent pas procurer un degré de protection inférieur à IP55. Cette exigence s'applique également lorsque les connexions entre le boîtier de fonctions et les autres composants d'un IC-CPD enfichable sont accouplées.

Cette exigence ne s'applique pas à la fiche insérée dans un socle normalisé.

Les essais appropriés de l'IEC 60529 s'appliquent.

Les conditions d'essai pour le boîtier de fonctions en ce qui concerne le premier et le second numéro du code IP conformément à l'IEC 60529 s'appliquent comme suit:

- les échantillons doivent être soumis à l'essai dans des positions différentes choisies au hasard, le cas échéant;
- les échantillons ne sont pas raccordés à la tension d'alimentation;
- l'essai à la poussière est effectué dans une enveloppe de catégorie 2.

Outre l'exigence de code IP, le boîtier de fonctions de l'IC-CPD doit, conformément aux 4.6.1, 4.6.2 et 4.6.3, être soumis à la procédure d'essai spécifiée en 14.2.7 de l'IEC 60529:1989, la partie supérieure du boîtier de fonctions étant placée à 5 cm sous l'eau.

Après avoir effectué l'essai dans les conditions d'essai spécifiées au 9.7.2.4, l'IC-CPD doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$ et ne doit pas se déclencher avec un courant $I_{\Delta no}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

8.5.4 Exigences relatives aux prises mobiles de véhicules

Pour les prises mobiles de véhicules, la série IEC 62196 s'applique.

8.6 Propriétés diélectriques

Les IC-CPD doivent posséder des propriétés diélectriques adéquates.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.5.

8.7 Échauffements

L'échauffement des parties d'un IC-CPD ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 8. Les échauffements des différents composants doivent satisfaire aux exigences de la norme de produit applicable ou aux instructions du fabricant du composant.

L'IC-CPD ne doit pas subir de dommages susceptibles de compromettre son fonctionnement et son utilisation en toute sécurité.

La conformité est vérifiée par mesurage dans les conditions spécifiées au 9.6.

Tableau 8 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b, c}	Échauffement ^d K
Terminaisons ou bornes pour connexions externes	50
Pièces susceptibles d'être touchées	
métalliques	30
non métalliques	50
^a Aucune valeur n'est spécifiée pour les contacts de l'appareil de connexion, car la conception de la plupart des IC-CPD 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 9.17.2 est considéré comme suffisant pour vérifier indirectement le comportement des contacts vis-à-vis des échauffements inadmissibles en service.	
^b Aucune valeur n'est spécifiée pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matériau isolant ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement de l'IC-CPD ne doit pas être altéré.	
^c Pour les fiches, les prises mobiles et les câbles, les valeurs correspondantes des normes de produits pertinentes s'appliquent.	
^d Ces valeurs sont issues du Guide 117 de l'IEC pour des durées de contact de 4 s.	

8.8 Caractéristiques de fonctionnement

8.8.1 Généralités

Les caractéristiques de fonctionnement des IC-CPD doivent satisfaire aux exigences du 9.7.

8.8.2 Caractéristiques de fonctionnement pour une connexion en toute sécurité

Il doit être vérifié que le conducteur de protection est connecté au véhicule côté charge.

La conformité à cette exigence est vérifiée par l'essai du 9.7.8.

L'IC-CPD doit satisfaire aux exigences supplémentaires du 5.1 pour les défaillances de l'alimentation définies au 3.3.1.4 et pour les conditions de conducteur de protection actif et donc dangereux définies au 3.3.3.16 (voir le 8.22). Les conditions de conducteur de protection actif et donc dangereux s'appliquent uniquement aux IC-CPD classifiés selon le 4.4.2.

8.8.3 Caractéristiques de fonctionnement avec des courants différentiels résiduels alternatifs et des courants différentiels résiduels comportant une composante continue

Les durées de coupure de l'IC-CPD doivent être conformes au Tableau 2 en présence de courants différentiels résiduels alternatifs à la fréquence assignée avec et sans composante continue.

Le fonctionnement correct doit également être vérifié en cas de courants différentiels résiduels continus pulsés auxquels sont superposés des courants continus lissés.

L'IC-CPD doit également détecter et couper les courants différentiels résiduels composés.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.2, du 9.7.3 et du 9.7.4.

8.8.4 Caractéristiques de fonctionnement avec un courant différentiel résiduel continu lissé

L'IC-CPD doit vérifier que les courants différentiels résiduels continus lissés ne dépassent pas la valeur de 6 mA et assurer des durées de coupure conformes au Tableau 3 lorsque cette limite est dépassée.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.5.

8.8.5 Comportement de l'IC-CPD après un déclenchement dû à un courant différentiel résiduel

Après un déclenchement dû à un courant différentiel résiduel, le dispositif ne doit pas pouvoir se refermer sans intervention de l'utilisateur.

L'intervention de l'utilisateur doit provoquer le lancement d'un autotest avant la charge.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.13.

8.8.6 Courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé

Les IC-CPD alimentés en biphasé (classifiés selon le 4.1.2) doivent fonctionner en réponse à une augmentation constante du courant différentiel résiduel continu pulsé issu de circuits redresseurs dans les limites de 3,5 mA et 7 mA.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.10 a).

Les IC-CPD alimentés en biphasé doivent fonctionner en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel continu pulsé issu de circuits redresseurs conformément aux limites spécifiées dans le Tableau 4.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.10 b).

8.8.7 Courants différentiels résiduels continus pulsés qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en triphasé

Les IC-CPD classifiés selon le 4.1.3 doivent fonctionner en réponse à une augmentation constante du courant différentiel résiduel continu pulsé issu de circuits redresseurs dans les limites de 3,1 mA et 6,2 mA.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.11 a).

Les IC-CPD classifiés selon le 4.1.3 doivent fonctionner en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel continu pulsé issu de circuits redresseurs conformément aux limites spécifiées dans le Tableau 4.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.11 b).

8.9 Endurance mécanique et électrique

Les IC-CPD doivent être capables d'accomplir un nombre adéquat de manœuvres mécaniques et électriques.

L'IC-CPD doit supporter un courant d'appel représentant le chargeur type d'un véhicule électrique.

NOTE L'exigence relative au courant d'appel d'un véhicule électrique repose sur l'ISO 17409.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.8.1 et du 9.8.2.

8.10 Tenue aux courants de court-circuit

Les IC-CPD doivent être capables d'accomplir le nombre spécifié de manœuvres de court-circuit.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9.

8.11 Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

Les IC-CPD doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes exercées pendant le raccordement et l'utilisation.

L'enveloppe externe des IC-CPD conformes au 4.6.2 et au 4.6.3 doit procurer le degré de protection minimal IK08 contre les impacts mécaniques conformément à l'IEC 62262.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.10.

8.12 Résistance à la chaleur

Les IC-CPD doivent avoir une résistance suffisante à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.11.

8.13 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matériau isolant des IC-CPD 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 conformité est vérifiée par l'essai du 9.12.

8.14 Performance de la fonction d'essai

Les IC-CPD doivent comporter un autotest qui se lance automatiquement afin de vérifier l'aptitude de l'IC-CPD à détecter un courant différentiel résiduel. L'autotest doit couvrir toute la chaîne fonctionnelle, qui comprend la détection et l'évaluation du courant différentiel résiduel. Le mécanisme de contact est exclu.

L'autotest automatique doit être effectué chaque fois:

- que l'IC-CPD est connecté à l'alimentation;
- que le connecteur de véhicule est connecté au véhicule (s'applique uniquement s'il est connecté à l'alimentation) ou que le véhicule a demandé le lancement d'un cycle de charge.

Un seul autotest est suffisant par intervalle de 10 min.

L'intervalle de 10 min est compris comme suit: si un autotest a déjà été effectué au cours des 10 dernières minutes, aucun autotest supplémentaire n'est exigé lors de la mise sous tension de l'IC-CPD ou de la connexion de l'IC-CPD au véhicule. Il n'est pas non plus exigé d'effectuer un autotest toutes les 10 min.

La fermeture du contact ne doit être déclenchée qu'en cas de résultat positif de l'autotest.

Les défaillances détectées, notamment la fermeture intempestive d'un ou de plusieurs contacts, doivent empêcher la charge du VE en utilisant le signal MLI. La détection d'un contact fermé de manière non intentionnelle doit également entraîner la fermeture du contact du conducteur de protection si ce dernier est de type commuté.

Un échec de l'autotest doit être indiqué par un signal visuel ou sonore, par exemple.

Le fonctionnement de l'IC-CPD doit être tel que le conducteur de protection de l'installation ne doit pas devenir actif et que le circuit côté aval ne doit pas être alimenté durant l'autotest.

La vérification se fait par examen et par des essais sur un échantillon spécial préparé, comme cela est décrit en 9.13.

8.15 Comportement en cas de perte de la tension d'alimentation

L'IC-CPD doit s'ouvrir automatiquement en cas de chute de tension et relancer le cycle de charge lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

Conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A, l'IC-CPD doit s'ouvrir automatiquement en cas de chute de tension et relancer le cycle de charge conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A, lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.14.

8.16 Résistance des IC-CPD aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc

Les IC-CPD doivent supporter les tensions de choc de façon appropriée.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.16.

8.17 Contrôleur de fonction pilote de commande

La fonction pilote de commande doit être conforme à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A.

Le circuit pilote de commande doit être conforme à l'IEC 61851-1:2017, A.2.2.

L'IC-CPD doit définir le rapport cyclique du signal pilote de commande MLI pour indiquer le courant maximal conformément à l'IEC 61851-1:2017, Tableau A.7. Le courant maximal indiqué transmis ne doit pas dépasser le courant assigné de l'IC-CPD.

Le circuit pilote de commande doit être considéré comme un circuit TBTS/TBTP.

La conformité est vérifiée par des essais conformément à l'IEC 61851-1:2017, Annexe A.

8.18 Fiabilité

Les IC-CPD doivent encore fonctionner en toute sécurité, même après une longue durée de service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.17, du 9.18 et du 9.28.

8.19 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 9.19.

8.20 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les essais de CEM doivent être réalisés conformément au 9.25.

8.21 Comportement de l'IC-CPD à une température de l'air ambiant faible

Les IC-CPD doivent fonctionner de façon fiable à leurs limites de températures de l'air ambiant.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.7.2.7 et du 9.7.2.8.

8.22 Fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation et de conducteur de protection actif et donc dangereux

L'IC-CPD doit satisfaire aux exigences supplémentaires du 5.1 pour les défaillances de l'alimentation définies en 3.3.1.4 et pour les conditions de conducteur de protection actif et donc dangereux définies en 3.3.3.16. Les conditions de conducteur de protection actif et donc dangereux s'appliquent uniquement aux IC-CPD classifiés selon le 4.4.2.

La conformité à cette exigence est vérifiée par l'essai du 9.7.6.

8.23 Vérification d'un courant permanent dans le conducteur de protection en service normal

Le courant qui s'écoule dans des conditions normales du côté alimentation de l'IC-CPD vers le conducteur de protection ne doit pas dépasser 1 mA en valeur efficace à $1,1 U_e$ avec des contacts en position d'ouverture et de fermeture.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.7.9.

8.24 Comportement dans des conditions d'environnement spécifiques

Les IC-CPD doivent fonctionner de manière fiable dans des conditions d'environnement spécifiques, notamment:

- résistance à des contraintes chimiques;
- rayonnements solaires;
- rayonnements ultraviolets (UV);
- environnements côtiers;
- écrasement par des véhicules (le cas échéant);
- après un stockage à basse température.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.28 au 9.33.

8.25 Résistance aux vibrations et aux chocs

L'IC-CPD doit avoir une résistance appropriée aux vibrations et aux chocs.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.34.

9 Essais

9.1 Généralités

9.1.1 Ouverture et fermeture des contacts

Si aucun cycle de fonctionnement spécifique n'est décrit pour les essais qui exigent l'ouverture ou la fermeture de contacts, le contrôleur de fonction pilote de commande doit être utilisé avec un signal MLI approprié pour faire fonctionner l'IC-CPD en simulant les différents états décrits dans l'IEC 61851-1:2017, Annexe A. Une maquette assemblée à cet effet peut être utilisée.

La séquence d'ouverture et de fermeture doit être déclenchée par la fonction pilote de commande.

La fonction pilote de commande comprenant le signal MLI est définie dans l'IEC 61851-1:2017, Annexe A.

9.1.2 Essais de type

Les caractéristiques des IC-CPD sont vérifiées par les essais de type.

La version logicielle relative à la sécurité qui est intégrée aux IC-CPD en essai doit être identique pour tous les essais de type. La version logicielle doit être consignée et identifiée.

La liste des essais de type exigés par le présent document est fournie dans le Tableau 9.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à nouveau aux essais les fiches et les prises mobiles de véhicules qui ont déjà été soumises aux essais spécifiés dans leur norme applicable.

Tableau 9 – Liste des essais de type

Essais	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3
– Protection contre les chocs électriques	9.4
– Propriétés diélectriques	9.5
– Essai d'échauffement	9.6
– Caractéristiques de fonctionnement	9.7
– Endurance mécanique et électrique	9.8
– Comportement des IC-CPD dans des conditions de surintensité	9.9
– Résistance aux chocs mécaniques et aux impacts	9.10
– Résistance à la chaleur	9.11
– Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu	9.12
– Vérification de l'autotest	9.13
– Comportement des IC-CPD en cas de perte de la tension d'alimentation	9.14
– Valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité	9.15
– Résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc	9.16
– Fiabilité	9.17
– Résistance au vieillissement	9.18
– Résistance au cheminement	9.19
– Essai sur les broches comportant une gaine isolante	9.20
– Effets des contraintes sur les conducteurs	9.21
– Couple exercé par les IC-CPD sur les socles fixes	9.22
– Essais du dispositif d'arrêt de câble	9.23
– Essai de flexion des IC-CPD non démontables	9.24
– Compatibilité électromagnétique (CEM)	9.25
– Essais remplaçant les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air	9.26
– Vérifications pour les composants électroniques utilisés dans les IC-CPD	9.27
– Contraintes chimiques	9.28
– Essai thermique sous rayonnement solaire	9.29
– Rayonnements ultraviolets	9.30
– Essai de vapeur et de brouillard salin pour les environnements marins et côtiers	9.31
– Essai d'écrasement par des véhicules	9.32
– Essai à basse température de stockage	9.33
– Essai de chocs et de vibrations	9.34
– Vérification des parties isolantes qui maintiennent en place les parties actives	9.35
– Vérification du dispositif de commande thermique	9.36

9.1.3 Séquences d'essais

Pour vérifier la conformité au présent document, les essais de type sont effectués selon une séquence d'essais.

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 IC-CPD neufs et propres, les grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence normales (voir le Tableau 5).

Le cas échéant, le fusible intégré non remplaçable d'un IC-CPD ne doit pas s'ouvrir pendant les essais, sauf indication contraire.

Si le fabricant déclare que son IC-CPD est équipé d'une fonction de limitation du courant de charge, l'essai peut être effectué avec la fonction pilote de commande. La courbe de charge doit être incluse dans le rapport d'essai.

9.1.4 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 de l'IC-CPD. Ils doivent être effectués sur chaque dispositif de l'IC-CPD.

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 d'IC-CPD.

Sauf spécification contraire, l'IC-CPD est raccordé comme en usage normal et alimenté à la tension assignée, 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.

Pour les IC-CPD de type LLLNSE ou LLLNE conçus pour utiliser moins de trois phases d'une alimentation triphasée, les essais doivent être effectués sur les phases câblées uniquement.

La fiche et le socle sont connectés conformément aux conditions d'essai de l'Article 19 de l'IEC 60884-1:2022, conformément à la Norme nationale relative aux fiches pour usages domestiques et analogues, conformément à l'Article 22 de l'IEC 60309-1:2021 pour les fiches industrielles ou à l'article applicable de la Norme nationale en vigueur.

La prise mobile de véhicule et le socle de connecteur de véhicule sont connectés conformément aux conditions d'essai de l'Article 24 de l'IEC 62196-1:2022 pour un connecteur de VE.

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 de l'IC-CPD à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m de l'IC-CPD.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

Il convient de prendre garde aux variations de température soudaines de façon à éviter les erreurs.

Lorsque les tolérances ne sont pas spécifiées, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que les tolérances générales spécifiées dans le présent document. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée $\pm 5\%$.

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, gravure ou impression laser 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 Vérification de la protection contre les chocs électriques

L'échantillon est connecté comme en usage normal. Les IC-CPD sont soumis à l'essai à l'état de livraison par le fabricant.

Pour l'IC-CPD, le fil d'épreuve normalisé représenté à la Figure 7 est appliqué avec une force de $1\text{ N} \pm 10\%$ à tout emplacement possible sur chaque partie, à l'exception de la fiche et de la prise mobile de véhicule.

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 IC-CPD 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 IC-CPD étant à cette température.

Pendant cet essai supplémentaire, les IC-CPD sont soumis pendant 1 min à la force d'essai du fil d'épreuve. Ce fil, relié à l'indicateur électrique comme cela est décrit ci-dessus, est appliqué à tous les emplacements où un fléchissement du matériau isolant peut compromettre la sécurité de l'IC-CPD.

Pendant cet essai, l'IC-CPD ne doit pas se déformer au point d'entraîner une modification excessive des dimensions de sécurité. En outre, aucune partie active ne doit devenir accessible au fil d'épreuve normalisé (voir la Figure 7).

Si la partie fiche fait partie intégrante du boîtier de fonctions, l'ensemble est comprimé entre deux surfaces planes avec une force de 300 N pendant 1 min, comme cela est représenté à la Figure 11 (les exigences nationales du pays dans lequel est commercialisé le produit peuvent s'appliquer).

Quinze minutes après avoir retiré l'appareillage d'essai, l'échantillon ne doit présenter aucune déformation de nature à rendre accessibles les parties actives.

9.5 Essai des propriétés diélectriques

9.5.1 Résistance à l'humidité

9.5.1.1 Préparation de l'IC-CPD pour l'essai

Les parties de l'IC-CPD 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, le cas échéant, sont ouverts pendant ce traitement.

S'il y a lieu, laisser les entrées de câbles ouvertes.

9.5.1.2 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 une valeur T adéquate comprise entre 20°C et 30°C , à $\pm 1\text{ K}$ près.

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre T °C et $(T + 4)$ °C.

9.5.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE Pour atteindre une humidité relative entre 91 % et 95 %, une solution saturée d'eau et de sulfate de sodium (a_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande est 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.

9.5.1.4 État de l'IC-CPD après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit présenter aucune détérioration au sens du présent document et doit satisfaire aux essais du 9.5.2 et du 9.5.3.

9.5.2 Résistance d'isolement du circuit principal

L'IC-CPD soumis au traitement spécifié en 9.5.1 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) l'IC-CPD étant en position d'ouverture, successivement entre chaque paire de bornes ou de broches de fiches qui sont électriquement raccordées entre elles lorsque l'IC-CPD est en position de fermeture;
- b) l'IC-CPD étant en position de fermeture, successivement entre chaque pôle et l'autre pôle ou les autres pôles reliés 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;
- c) lorsque l'IC-CPD ne peut pas être maintenu en position de fermeture, chaque pôle est ponté par une connexion externe;
- d) l'IC-CPD étant en position de fermeture, entre tous les pôles reliés ensemble et le châssis comprenant une feuille métallique en contact avec la surface externe de l'enveloppe interne en matériau isolant, le cas échéant;
- e) entre les parties métalliques internes du mécanisme et le châssis;
- f) l'accès à la partie métallique interne du mécanisme peut être prévu de façon spécifique pour ce mesurage par le fabricant;
- g) pour les IC-CPD possédant une enveloppe en métal 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 du manchon ou des dispositifs analogues éventuels.

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 qui doivent être retirés pour la connexion de l'IC-CPD.

Pour cet essai, le conducteur de protection est relié au châssis.

Pour les mesurages selon le 9.5.2 b), c), d) et e), 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 mesures selon le 9.5.2 a) et b);
- 5 MΩ pour les autres mesures.

9.5.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Lorsque l'IC-CPD a satisfait aux essais du 9.5.2, la tension d'essai spécifiée ci-dessous est immédiatement appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.5.2, en déconnectant les composants électroniques éventuels pour l'essai, y compris le circuit du conducteur de protection et les autres circuits.

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 les mesures a) à d) du 9.5.2;
- 2 500 V pour le mesure e) du 9.5.2.

Au départ, une tension inférieure à la moitié de la valeur prescrite 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.

9.5.4 Circuit secondaire des transformateurs de détection

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.

9.5.5 Vérification des tensions de tenue aux chocs (à travers les distances d'isolement dans l'air et l'isolation solide) et du courant de fuite aux bornes des contacts ouverts

9.5.5.1 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 de front de 1,2 µs et une durée jusqu'à la mi-valeur de 50 µs, les tolérances étant de:

- ±5 % pour la valeur de crête;
- ±30 % pour la durée de 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 étant 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 IC-CPD complet, l'affaiblissement ou l'amplification de la tension d'essai doit être pris en compte. On doit s'assurer que la valeur exigée de la tension d'essai est appliquée aux bornes du matériel en essai.

L'impédance d'onde de l'appareillage d'essai doit avoir une valeur nominale inférieure ou égale à 500 Ω .

La forme des impulsions est réglée en connectant l'IC-CPD 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 IC-CPD qui incorporent des parafoudres qui ne peuvent pas être débranchés, la forme des impulsions est réglée sans connecter l'IC-CPD 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.

Il est recommandé d'utiliser un oscilloscope pour observer la tension de choc afin de détecter une décharge disruptive.

9.5.5.2 Vérification des distances d'isolement dans l'air à la tension de tenue aux chocs

L'essai du présent 9.5.5.2 s'applique si les distances d'isolement dans l'air mesurées du Tableau 7 et les montages du 9.5.2 éléments b), c), d) et e) révèlent une réduction de la longueur exigée. Cet essai est effectué immédiatement après avoir mesuré la résistance d'isolement en 9.5.3.

Le mesurage des distances d'isolement dans l'air peut être remplacé par cet essai.

L'essai est effectué sur un IC-CPD fixé sur un support métallique, en position de fermeture.

Les valeurs de tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 10. Ces valeurs sont corrigées pour l'altitude à laquelle sont effectués les essais, conformément au Tableau 10.

Une première série d'essais est réalisée, en appliquant la tension de choc 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.

Une deuxième série d'essais est réalisée, en appliquant la tension de choc entre:

- le ou les pôles de phase reliés ensemble; et
- le pôle neutre de l'IC-CPD, le cas échéant.

Une troisième série d'essais est réalisée en appliquant la tension de choc entre les montages du 9.5.2 éléments b), c), d) et e) qui n'ont pas été soumis à l'essai durant les deux premières séquences décrites ci-dessus.

Une quatrième série d'essais visant à vérifier la double isolation ou l'isolation renforcée est effectuée en appliquant la tension de choc entre les parties actives dangereuses et:

- les parties accessibles (parties conductrices accessibles et surfaces accessibles de matériau isolant); et
- les circuits du signal pilote.

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 10 – 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
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5

9.5.5.3 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une tension de choc en conditions normales

9.5.5.3.1 Généralités

Les essais du présent 9.5.5.3 ne sont pas précédés du traitement à l'humidité décrit au 9.5.1.

Les essais du 9.5.5.3, comme cela est indiqué dans les exigences en 8.4.3, doivent être effectués avant les essais du 9.5.1 sur trois échantillons de la séquence d'essais B.

Les valeurs de tension de choc d'essai doivent être choisies dans le Tableau 10, en fonction de la tension assignée de l'installation à laquelle est destiné à être utilisé l'IC-CPD, comme cela est indiqué dans le Tableau 7.

Ces valeurs sont corrigées pour la pression atmosphérique à l'altitude à laquelle sont effectués les essais, conformément au Tableau 10.

9.5.5.3.2 IC-CPD en position d'ouverture

La série d'essais est effectuée sur un IC-CPD fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes de ligne reliées ensemble; et
- les bornes de sortie reliées ensemble, les contacts étant en position d'ouverture.

Aucune décharge disruptive ne doit se produire pendant l'essai.

9.5.5.3.3 IC-CPD en position de fermeture

La série d'essais est effectuée sur un IC-CPD placé sur un support métallique, câblé comme en usage normal et en position de fermeture.

Tous les composants reliant l'isolation principale doivent être déconnectés.

Une première 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.

Une seconde série d'essais est réalisée, en appliquant les impulsions entre:

- le ou les pôles de phase reliés ensemble; et
- le pôle neutre de l'IC-CPD.

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.

Un échantillon neuf est ensuite soumis à l'essai conformément au 9.5.5.3.4.

9.5.5.3.4 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Il n'est pas nécessaire de soumettre à l'essai les composants qui satisfont aux exigences du 9.27.

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 de l'IC-CPD 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 $1\,200\text{ V} + U_e$. U_e est la valeur nominale de la tension entre phase et neutre.

NOTE À titre d'exemple, pour un IC-CPD dont la tension 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 à la tension d'alimentation est admis.

Lorsque le matériel est connecté à la tension d'alimentation et dans les conditions d'essai du 9.7.2.4, l'IC-CPD 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.

9.6 Essai d'échauffement

9.6.1 Conditions d'essai

Les conditions générales d'essai du 9.2 s'appliquent.

Les IC-CPD sont soumis à l'essai à l'état de livraison par le fabricant. Le cas échéant, des échantillons spéciaux qui contiennent des thermocouples doivent être préparés. Le placement des thermocouples doit être documenté.

L'essai est effectué en utilisant des fiches d'essai qui comportent des broches en laiton dont les dimensions sont celles indiquées dans les feuilles de normes correspondantes.

9.6.2 Procédure d'essai

Un courant égal à I_n est appliqué simultanément aux bornes des deux pôles des IC-CPD de type LNSE ou LLSE et aux bornes des trois pôles des IC-CPD de type LLLNSE ou LLLNE 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.

L'essai est répété en injectant le courant dans la voie du conducteur de protection seulement et en appliquant une tension entre phase et neutre. L'IC-CPD est alimenté à $1,05 U_e$ et est connecté conformément à la Figure 3, selon le cas. Pendant ces essais, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 8.

Un échantillon spécialement préparé avec le circuit de déclenchement déconnecté peut être exigé si le conducteur de protection passe à travers le tore.

9.6.3 Mesurage de l'échauffement des différentes parties

La température des différentes parties répertoriées dans le Tableau 8 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.

9.6.4 Échauffement d'une partie

L'échauffement d'une partie est la différence entre la température de cette partie mesurée conformément au 9.6.3 et la température de l'air ambiant mesurée conformément au 9.2.

9.7 Vérification des caractéristiques de fonctionnement

9.7.1 Circuit d'essai

Sauf spécification contraire, l'IC-CPD est connecté comme en usage normal. Le réarmement de l'IC-CPD peut être effectué selon toute méthode adaptée.

Les appareils de mesure du courant différentiel résiduel doivent afficher (ou permettre de déterminer) la valeur efficace réelle.

Les appareils de mesure du temps doivent donner une erreur relative sur les mesures inférieure ou égale à 10 %.

Sauf spécification contraire, les essais sont réalisés à la température de référence de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ et à vide.

L'IC-CPD doit être soumis aux essais du 9.7.2, du 9.7.3, du 9.7.4, du 9.7.5, du 9.7.6, du 9.7.7, du 9.7.8, du 9.7.9, du 9.7.10 et du 9.7.11. Sauf spécification contraire, chaque essai est effectué sur un seul pôle choisi au hasard en procédant à cinq mesurages.

Pour les IC-CPD qui comportent plusieurs fréquences assignées, les essais doivent être effectués à la fréquence la plus basse et à la fréquence la plus haute. La fréquence assignée de 50/60 Hz est considérée comme une seule et même fréquence.

9.7.2 Essais de courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux

9.7.2.1 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 assignée.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable et doit être conforme à la Figure 1 a), à la Figure 1 b) ou la Figure 1 c), et à la Figure 8, selon le cas.

9.7.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation constante du courant différentiel

La manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être effectuée avec l'interrupteur d'essai S1 en position de fermeture, S2 en position d'ouverture et S3 en position 1.

L'interrupteur d'essai S2 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 S3 en position 2.

Les cinq valeurs mesurées doivent être comprises entre $I_{\Delta no}$ et $I_{\Delta n}$.

9.7.2.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de fermeture sur courant différentiel

Le circuit d'essai est étalonné pour chacune des valeurs du courant différentiel résiduel spécifiées dans le Tableau 2. L'interrupteur d'essai S2 étant en position de fermeture, l'interrupteur d'essai S1 en position de fermeture et l'interrupteur d'essai S3 en position 1, l'IC-CPD est fermé sur le circuit de façon à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions de service.

L'IC-CPD peut se fermer, mais doit se déclencher dans le délai correspondant spécifié dans le Tableau 2, sans se refermer.

Cinq mesurages de la durée de coupure sont effectués. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite correspondante spécifiée.

9.7.2.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel

Le circuit d'essai est étalonné pour chacune des valeurs du courant différentiel résiduel spécifiées dans le Tableau 2. L'interrupteur d'essai S1 étant en position de fermeture, l'interrupteur d'essai S2 en position d'ouverture, l'interrupteur d'essai S3 en position 1 et l'IC-CPD en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S2.

L'IC-CPD doit se déclencher pendant chaque essai. Cinq essais sont effectués à chaque valeur du courant différentiel résiduel, en mesurant la durée de coupure.

Aucune valeur ne doit dépasser les valeurs limites correspondantes spécifiées dans le Tableau 2.

9.7.2.5 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels compris entre 5 A et 100 A

Le circuit d'essai est successivement étalonné aux valeurs de courant différentiel suivantes:

5 A, 10 A, 20 A, 50 A et 100 A.

L'interrupteur d'essai S1 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, l'interrupteur d'essai S3 en position 1, le courant différentiel résiduel est établi en fermant l'interrupteur d'essai S2.

L'IC-CPD doit se déclencher pendant chaque essai. Les durées de coupure ne doivent pas dépasser les valeurs spécifiées dans le Tableau 2.

L'essai est effectué sur un seul pôle choisi au hasard.

9.7.2.6 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.7.2.3 et du 9.7.2.4 sont répétés, l'IC-CPD étant chargé à son courant assigné comme en usage 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.

9.7.2.7 Essais aux températures limites

L'IC-CPD doit satisfaire aux essais spécifiés en 9.7.2.4 successivement dans les conditions suivantes:

- température ambiante: -5°C à vide;
- température ambiante: limite de température la plus élevée (voir le Tableau 5), l'IC-CPD étant préalablement chargé au courant assigné, à une tension appropriée, jusqu'à l'obtention de conditions de régime établi.

Lorsque la note de bas de page h) du Tableau 5 s'applique, l'essai doit être réalisé à la température maximale de la fiche.

En pratique, ces conditions sont atteintes lorsque l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K/h.

Le préchauffage peut être effectué à tension réduite.

9.7.2.8 Vérification du fonctionnement correct à une température de l'air ambiant faible (inférieure ou égale à -25 °C)

L'IC-CPD connecté comme en usage normal est placé dans une enceinte d'essai adaptée à une température ambiante 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 (incluant les enveloppes) et les échantillons d'essai doit être supérieur à 50.

L'IC-CPD doit être en position ON à vide.

Cinq cycles d'essai sont effectués (voir la Figure 25).

La température de l'air ambiant est réduite à $-25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ou à la limite de température déclarée par le fabricant $\pm 2\text{ °C}$ en l'espace de 6 h, sans apport d'humidité, 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 maintenues pendant 6 h (fin du premier cycle).

Ce cycle est exécuté cinq fois. Au cours de ces cycles, l'IC-CPD ne doit pas se déclencher.

Avant la fin de la dernière période de 6 h à -25 °C ou à la limite de température déclarée par le fabricant, un courant différentiel résiduel est appliqué aux bornes d'un pôle de l'IC-CPD.

L'IC-CPD doit se déclencher dans un délai de 0,3 s

- à un courant différentiel résiduel alternatif de $1,25 I_{\Delta n}$ et
- à un courant différentiel résiduel pulsé (redressement unidirectionnel, $\alpha = 0^\circ$) de $1,25 \times 1,4 I_{\Delta n}$ pour les IC-CPD dont $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$, et avec un facteur de 2 pour les IC-CPD dont $I_{\Delta n} = 6\text{ mA}$.

9.7.3 Vérification du fonctionnement correct aux courants différentiels résiduels comportant une composante continue

9.7.3.1 Généralités

Les conditions d'essai du 9.7.1 s'appliquent, excepté que les circuits d'essai doivent être ceux indiqués à la Figure 8 a), la Figure 8 b), Figure 8 c), ou à la Figure 9 a), la Figure 9 b), Figure 9 c), selon le cas.

9.7.3.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation continue d'un courant différentiel continu pulsé

Les IC-CPD doivent être soumis à l'essai conformément à la Figure 8 a), la Figure 8 b) ou la Figure 8 c), selon le cas.

Les interrupteurs auxiliaires S1 et S2 et l'IC-CPD en essai sont en position de fermeture. Le thyristor approprié doit être commandé de manière à obtenir des angles de retard de conduction α de 0° , 90° , 135° , 180° , 270° et 315° . Chaque pôle de l'IC-CPD doit être soumis à l'essai deux fois pour chacun des angles de retard de conduction.

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 IC-CPD dont $I_{\Delta n} > 6\text{ mA}$;
- $2 I_{\Delta n}$ pour les IC-CPD dont $I_{\Delta n} = 6\text{ mA}$.

Le courant de déclenchement doit être conforme au Tableau 11.

Tableau 11 – Plages de valeurs du courant de déclenchement pour les IC-CPD 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°	Pour $I_{\Delta n} \leq 6$ mA: $0,35 I_{\Delta n}$ Pour $I_{\Delta n} > 6$ mA: 4,5 mA	Pour $I_{\Delta n} \leq 6$ mA: $2 I_{\Delta n}$ Pour $I_{\Delta n} > 6$ mA: $1,4 I_{\Delta n}$
90°	Pour $I_{\Delta n} \leq 6$ mA: $0,25 I_{\Delta n}$ Pour $I_{\Delta n} > 6$ mA: 6,3 mA	
135°	$0,11 I_{\Delta n}$	

9.7.3.3 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus pulsés avec superposition ou non d'un courant continu lissé

Les essais suivants doivent être réalisés pour vérifier le fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants différentiels résiduels continus pulsés.

a) Essai sans superposition d'un courant continu lissé

Les IC-CPD doivent être soumis à l'essai conformément à la Figure 8 a), la Figure 8 b) ou la Figure 8 c), selon le cas.

Le circuit est étalonné successivement aux valeurs de I_{Δ} spécifiées dans le Tableau 2, multipliées par

1,4 $I_{\Delta n}$ pour les IC-CPD dont $I_{\Delta n} > 6$ mA;

2 $I_{\Delta n}$ pour les IC-CPD dont $I_{\Delta n} = 6$ mA.

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.

b) Essai avec superposition d'un courant continu lissé de 6 mA

Les IC-CPD doivent ensuite être soumis à l'essai conformément à la Figure 9 a), la Figure 9 b) ou la Figure 9 c), selon le cas.

La durée de coupure est mesurée deux fois pour chacune des valeurs spécifiées en 9.7.3.3 a) avec un angle de retard de conduction $\alpha = 0$, auquel est superposé un courant continu lissé de 6 mA, 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.

9.7.3.4 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence

Les essais du 9.7.3.2 sont répétés, l'IC-CPD étant chargé au courant assigné, 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 8.

9.7.4 Vérification du comportement en cas de courant différentiel résiduel composé

9.7.4.1 Généralités

Tous les essais doivent être réalisés avec l'IC-CPD alimenté à la tension U_e , à la fréquence assignée et à vide.

Sauf spécification contraire, les essais spécifiés sont effectués conformément à la Figure 28.

9.7.4.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'augmentation constante du courant différentiel résiduel composé

Le Tableau 12 donne les valeurs de composantes de fréquences à des fins d'étalonnage, ainsi que les valeurs de courant de démarrage pour vérifier le fonctionnement de l'IC-CPD en cas d'augmentation constante du courant différentiel.

Le Tableau 13 donne les valeurs limites de fonctionnement du courant différentiel résiduel composé.

La fréquence d'essai a une tolérance de $\pm 2\%$.

Tableau 12 – Différentes valeurs des composantes de fréquences des courants d'essai et valeurs de courant de démarrage (I_{Δ}) pour vérifier le fonctionnement en cas d'augmentation constante du courant différentiel

Différentes valeurs des composantes de fréquences des courants d'essai pour l'étalonnage (valeurs efficaces)		Valeur de courant de démarrage composé (efficace)
I à la fréquence assignée	I_1 kHz	I_{Δ}
$0,141 I_{\Delta n}$	$0,141 I_{\Delta n}$	$0,2 I_{\Delta n}$

NOTE 1 $I_{\Delta n}$ correspond au courant différentiel de fonctionnement assigné du dispositif à la fréquence assignée.

NOTE 2 Pour les besoins de l'essai, les valeurs de la fréquence assignée et la valeur de 1 kHz ont été respectivement utilisées pour la fréquence de sortie et la fréquence d'horloge, qui représentent la condition la plus défavorable.

Pour vérifier le fonctionnement de l'IC-CPD en présence de courants composés, la valeur de départ du courant différentiel résiduel composé indiquée dans le Tableau 12 doit être augmentée de manière linéaire. L'IC-CPD doit se déclencher dans les limites indiquées dans le Tableau 13.

Dans tous les cas, les rapports des différentes fréquences doivent être maintenus de la valeur initiale jusqu'à la valeur de fonctionnement.

Tableau 13 – Plages de courants de fonctionnement pour le courant différentiel résiduel composé

Courant de fonctionnement (efficace)	
Limite inférieure	Limite supérieure
$0,5 I_{\Delta n}$	$1,4 I_{\Delta n}$

NOTE 1 $I_{\Delta n}$ correspond au courant différentiel de fonctionnement assigné du dispositif à la fréquence assignée.

NOTE 2 Les courants de fonctionnement sont composés du rapport des composantes de fréquences indiquées dans le Tableau 12.

Les interrupteurs d'essai S1 et S2 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à la valeur de courant composé de démarrage indiquée dans le Tableau 12, en tentant d'atteindre dans un délai de 30 s la limite supérieure du courant différentiel de fonctionnement indiquée dans le Tableau 13.

L'essai est répété trois fois sur un pôle choisi au hasard. Les valeurs de fonctionnement doivent se situer dans les limites indiquées dans le Tableau 13.

9.7.4.3 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel composé

Des essais sont réalisés pour vérifier la durée de coupure de l'IC-CPD, le courant d'essai étant étalonné à une valeur 5 fois supérieure à la valeur limite indiquée dans le Tableau 13.

L'interrupteur d'essai S1 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S2.

La durée de coupure est mesurée trois fois.

Les durées de coupure doivent être inférieures à 0,04 s.

Les trois applications du courant différentiel doivent être séparées par un intervalle d'au moins 1 min.

9.7.5 Vérification du fonctionnement correct en cas de courant différentiel résiduel continu lissé

L'essai doit être effectué conformément à la Figure 27.

- a) Les interrupteurs d'essai S1 et S2 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel continu lissé est augmenté de façon continue en partant de 0 en tentant d'atteindre la valeur de 6 mA dans un délai de 30 s, le courant de déclenchement étant mesuré. Si le dispositif ne s'est pas déclenché avant, le courant est maintenu à la valeur de 6 mA pendant au moins 10 s.

L'un des pôles de l'IC-CPD, choisi au hasard comme cela est représenté à la Figure 27, est soumis deux fois à l'essai pour chacune des positions 1 et 2 de l'interrupteur d'essai S3.

L'IC-CPD doit se déclencher à une valeur comprise entre 3 mA et 6 mA.

- b) Une seconde série d'essais est réalisée pour vérifier la durée de coupure.

Le circuit d'essai étant successivement étalonné à chacune des valeurs de courant différentiel résiduel indiquées dans le Tableau 3 et l'interrupteur d'essai S1 ainsi que l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S2. L'interrupteur d'essai S3 est en position 1 ou 2, choisie au hasard.

La durée de coupure est mesurée deux fois sur un pôle choisi au hasard pour chaque valeur du courant différentiel.

Les durées de coupure doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans le Tableau 3.

9.7.6 Essais de mauvais câblage et de défaillance de l'alimentation

9.7.6.1 Généralités

La vérification des conditions du conducteur de protection actif et donc dangereux s'applique uniquement aux IC-CPD classifiés selon le 4.4.2.

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 assignée.

L'IC-CPD doit être connecté conformément au Tableau 14 ou au Tableau 15, et doit satisfaire aux caractéristiques du 5.1.

NOTE Aux États-Unis, un conducteur de mise à la terre de matériel commuté qui va jusqu'à la prise mobile de véhicule est admis, sous réserve que la construction remplisse les conditions suivantes:

- a) le dispositif est destiné à être utilisé sur un circuit d'alimentation ne dépassant pas une tension de mise à la terre de 150 V;
- b) un dispositif de surveillance des défauts à la terre (GM/I, Grounding Monitor Interrupter) est incorporé au dispositif d'interruption de circuit de charge (CCID, Charging Circuit Interrupt Device);
- c) l'appareil de connexion dans le conducteur de mise à la terre du matériel doit se fermer avant les contacts de commutation de l'alimentation lorsque la sortie est mise sous tension;
- d) l'appareil de connexion dans le conducteur de mise à la terre du matériel doit s'ouvrir après les contacts de commutation de l'alimentation lorsque la sortie est mise hors tension;
- e) la construction doit satisfaire aux essais du conducteur de mise à la terre du matériel commuté.

Tableau 14 – 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/LLSE et LNE/LLÉ

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 LLLNSE et LLLNE

Type LLLNSE/LLNE					Article d'essai et commentaires
L ₁	L ₂	L ₃	N	PE	Alimentation et marquage des bornes corrects NOTE La classification des types est donnée en 4.1.
L ₁	L ₂	L ₃	N	PE	La connexion normale est spécifiée en 9.7.1 Voir la Figure 1 c), types LLLNSE/LLNE
N	L ₂	L ₃	L ₁	L ₁ L ₂ L ₃	Conducteur de protection actif et donc dangereux (voir le 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 h), Figure 2 i), Figure 2 j), types LLLNSE 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 (uniquement pour les IC-CPD classifiés selon le 4.4.2)
L ₁	L ₂	L ₃	N	L ₁ L ₂ L ₃	Conducteur de protection actif et donc dangereux (voir le 3.3.3.16), 9.7.6.2 Figure 2 e), Figure 2 f), Figure 2 g), types LLLNSE 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 (uniquement pour les IC-CPD classifiés selon le 4.4.2)
L ₁	L ₂	L ₃	O	PE	Neutre ouvert: voir le 9.7.6.3 Voir la Figure 4 c)
L ₁	L ₂	L ₃	N	O	Conducteur de protection ouvert, voir le 9.7.6.4 (uniquement pour les IC-CPD classifiés selon le 4.5.2) Voir la Figure 10 c)

9.7.6.2 Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection actif et donc dangereux

Le 9.7.6.2 s'applique uniquement aux IC-CPD classifiés selon le 4.4.2.

L'IC-CPD est conforme si l'une des conditions suivantes est remplie:

- il ne se ferme pas si le conducteur de protection est actif et donc dangereux; ou
- s'il se ferme alors que le conducteur de protection est actif et donc dangereux, il doit se rouvrir automatiquement dans un délai inférieur ou égal à 300 ms en présence d'un courant différentiel assigné.

Les IC-CPD doivent être connectés successivement, comme cela est représenté de la Figure 2 a) à la Figure 2 j), selon le cas.

S1 étant en position de fermeture, la manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée dans chaque position.

Si les contacts ne se ferment pas, l'unité est conforme.

Si les contacts se ferment ensuite en utilisant S2, un essai ultérieur est effectué en connectant une résistance entre la borne de sortie du conducteur de protection et le conducteur de protection d'alimentation.

La valeur de la résistance doit être réglée pour établir un courant différentiel assigné ($U_e/I_{\Delta n}$ pour les types LNSE, $U_e/I_{\Delta n}$ ou $U_e/2$ divisé par $I_{\Delta n}$ pour les types LLSE, en fonction de la connexion).

9.7.6.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de neutre ouvert et de phase ouverte

Les IC-CPD doivent fournir 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;
- pour les types LLLNSE/LLLNE
 - 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.

Selon sa classification, le fonctionnement correct de l'IC-CPD en cas de neutre ouvert ou de phase ouverte doit être vérifié par les essais suivants.

a) Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.1.2 (LNSE/LLSE et LNE/LLE)

Les contacts ne doivent pas se fermer, même momentanément. L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 a).

S1 étant fermé et S2 ouvert, la manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée.

Les contacts ne doivent pas se fermer avec un neutre ouvert.

Poursuivre l'essai, l'IC-CPD étant alimenté en biphasé.

Les contacts ne doivent pas se fermer, lorsque l'une des phases de l'alimentation est ouverte, même momentanément.

L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 b).

S1 étant fermé, S2 ouvert et S3 fermé, la manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée.

Répéter l'opération avec S2 fermé et S3 ouvert.

Les contacts ne doivent pas se fermer avec une phase ouverte.

b) Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.1.3 (LLLNSE/LLLNE)

Les contacts ne doivent pas se fermer, même momentanément. L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 c).

S4 étant fermé et S2 ouvert, la manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée.

Les contacts ne doivent pas se fermer avec un neutre ouvert.

c) Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.1.2 (LNSE/LLSE et LNE/LLE)

Les contacts doivent s'ouvrir lorsque le neutre de l'alimentation est ouvert.

L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 a).

S1 et S2 étant en position de fermeture, l'IC-CPD doit être en position de fermeture; puis ouvrir S2 (neutre).

Poursuivre l'essai, l'IC-CPD étant alimenté en biphasé.

Les contacts doivent s'ouvrir lorsqu'une des phases de l'alimentation est ouverte.

L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 b).

S1, S2 et S3 étant en position de fermeture, l'IC-CPD doit être en position de fermeture; puis ouvrir S2 (phase 1).

d) Pour les IC-CPD classifiés selon le 4.1.3 (LLNSE/LLNE)

Les contacts doivent s'ouvrir lorsque le neutre de l'alimentation est ouvert.

L'IC-CPD doit être connecté conformément à la Figure 4 c).

S4 et S2 étant en position de fermeture, l'IC-CPD doit être en position de fermeture; puis ouvrir S2 (neutre).

9.7.6.4 Vérification du fonctionnement correct en cas de conducteur de protection ouvert

Cet essai s'applique uniquement aux IC-CPD classifiés selon le 4.5.2.

Les IC-CPD classifiés selon le 4.1.2 doivent être connectés comme cela est représenté à la Figure 10 a) (type LNSE) en insérant une impédance égale à $1\,600\ \Omega$ dans le conducteur de protection. Les IC-CPD doivent ensuite être connectés comme cela est représenté à la Figure 10 b) (type LLSE) en introduisant une impédance égale à $1\,600\ \Omega$ dans le conducteur de protection.

Les IC-CPD classifiés selon le 4.1.3 doivent être connectés comme cela est représenté à la Figure 10 c) (type LLLNSE) en introduisant une impédance égale à $1\,600\ \Omega$ dans le conducteur de protection.

S1 étant fermé et S2 ouvert, la manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée.

Les contacts de l'IC-CPD ne doivent pas se fermer, même momentanément.

9.7.7 Vérification du comportement des contacts du conducteur de protection

9.7.7.1 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, en faisant passer le pilote de l'état B à l'état C. Les essais sont réalisés à 0,85 fois et 1,1 fois la tension assignée.

9.7.7.2 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, en faisant passer le pilote de l'état C à l'état B. Les essais sont réalisés à 0,85 fois et 1,1 fois la tension 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.

Un échantillon d'IC-CPD qui ne rouvre pas le contact L après fermeture (simulation d'un contact L collé) doit être préparé.

La procédure d'essai est la suivante:

Les contacts sont activés en faisant passer le pilote de commande de l'état B à l'état C. Le contact du conducteur de protection doit être vérifié à la fermeture. La manœuvre d'ouverture des contacts est ensuite déclenchée en faisant passer la fonction de commande de l'état C à l'état B.

Le contact L doit rester fermé (simulation d'un contact L collé) et le contact du conducteur de protection ne doit pas s'ouvrir.

L'essai est répété avec le ou les autres contacts L et/ou le contact N, selon le cas.

9.7.8 Vérification de la connexion du conducteur de protection au véhicule électrique

L'IC-CPD doit être installé comme en usage normal. Conformément à la Figure 26, le dispositif en essai est alimenté par une source à 1,1 fois la tension assignée. La procédure d'essai suivante est appliquée.

- a) L'interrupteur S2 étant en position de fermeture, l'interrupteur S1 est fermé. Les contacts de l'IC-CPD doivent se fermer.
- b) L'interrupteur S2 étant en position d'ouverture, l'interrupteur S1 est fermé. Les contacts de l'IC-CPD ne doivent pas se fermer.
- c) Les interrupteurs S1 et S2 étant en position de fermeture, les contacts de l'IC-CPD doivent être fermés. Si l'interrupteur S2 est ouvert brusquement, les contacts de l'IC-CPD doivent s'ouvrir en moins de 0,1 s. Après fermeture de l'interrupteur S1, il peut s'écouler un certain temps avant la fermeture de l'IC-CPD.

L'essai est ensuite répété, mais en alimentant le dispositif à une tension égale à $0,85 U_e$.

9.7.9 Vérification du courant permanent dans la connexion du conducteur de protection en service normal

Les IC-CPD doivent être connectés, comme cela est représenté à la Figure 5, selon le cas.

Une résistance (R_1) de $1 \Omega \pm 0,01 \Omega$, 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 de l'IC-CPD.

Une résistance (R) de $1 \Omega \pm 0,01 \Omega$ est connectée entre le neutre de l'alimentation et la borne neutre d'entrée de l'IC-CPD.

La tension appliquée est égale à $1,1 U_e$.

La manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être déclenchée, et la chute de tension aux bornes de la résistance R_1 est mesurée.

L'IC-CPD est ouvert, et la chute de tension aux bornes de la résistance est 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 à $1,1 U_e$.

9.7.10 Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels résiduels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en biphasé

Cet essai s'applique uniquement aux IC-CPD exploités avec une alimentation biphasée, conformément au 4.1.2.

- a) L'essai doit être effectué conformément à la Figure 13.

Les interrupteurs d'essai S1 et S2 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel continu pulsé est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à 2 mA, en tentant d'atteindre la valeur de 7 mA dans un délai de 30 s, le courant de déclenchement étant mesuré.

Le circuit d'essai est connecté à l'IC-CPD par l'intermédiaire de deux bornes de ligne choisies au hasard.

L'IC-CPD est soumis à l'essai cinq fois à chaque position I et II de S3.

L'IC-CPD doit se déclencher à une valeur comprise entre 3,5 mA et 7 mA.

- b) Une seconde série d'essais est réalisée pour vérifier la durée de coupure.

Le circuit d'essai étant successivement étalonné à chacune des valeurs de courant indiquées dans le Tableau 4 et l'interrupteur d'essai S1 ainsi que l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S2.

L'IC-CPD étant connecté aux bornes de ligne choisies au hasard, la durée de coupure est mesurée cinq fois pour chaque valeur du courant différentiel résiduel indiquée dans le Tableau 4, à chacune des positions I et II de S3.

Les durées de coupure doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans le Tableau 4.

9.7.11 Vérification du fonctionnement correct en cas de courants différentiels continus qui peuvent résulter de circuits redresseurs alimentés en triphasé

Cet essai s'applique uniquement aux IC-CPD exploités avec une alimentation triphasée, conformément au 4.1.3.

- a) L'essai doit être effectué conformément à la Figure 14 (voir ci-dessous).

Les interrupteurs d'essai S1 et S2 et l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel continu pulsé est augmenté de façon continue en partant d'une valeur inférieure ou égale à 2 mA, en tentant d'atteindre la valeur de 6,2 mA dans un délai de 30 s, le courant de déclenchement étant mesuré.

L'IC-CPD est soumis à l'essai cinq fois à chaque position I et II de S3.

L'IC-CPD doit se déclencher à une valeur comprise entre 3,1 mA et 6,2 mA.

- b) Une seconde série d'essais est réalisée pour vérifier la durée de coupure.

Le circuit d'essai étant successivement étalonné à chacune des valeurs de courant indiquées dans le Tableau 4 et l'interrupteur d'essai S1 ainsi que l'IC-CPD étant en position de fermeture, le courant différentiel résiduel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S2.

La durée de coupure est mesurée cinq fois pour chaque valeur du courant différentiel résiduel indiquée dans le Tableau 4, à chacune des positions I et II de S3.

Les durées de coupure doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans le Tableau 4 du présent document.

9.8 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.8.1 Endurance de la fiche et de la partie prise mobile de véhicule

La fiche et la prise mobile de véhicule doivent être conformes à la Norme internationale de l'IEC en vigueur ou à la Norme nationale en vigueur.

9.8.2 Endurance de la fonction de courant différentiel résiduel de l'IC-CPD

9.8.2.1 Généralités

L'IC-CPD est préparé conformément au 9.2. L'essai est effectué dans un circuit d'essai, comme cela est représenté à la Figure 29.

Les essais d'endurance sont réalisés à raison de quatre cycles de manœuvres par minute. Si le conditionnement de l'IC-CPD ne le permet pas, la durée de l'essai doit être la plus courte possible spécifiée par le fabricant. La commutation de S2 ne doit pas être synchronisée avec l'angle de phase de l'alimentation. La durée de la période ON doit être comprise entre 1,9 s et 2,1 s.

Les IC-CPD sont soumis à un nombre total de 10 000 cycles de manœuvres, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

L'essai est réalisé à la tension d'emploi assignée et à 50 Hz $\pm$ 5 %.

Étalonnage du circuit d'essai:

- a) le courant est enregistré aux bornes du capteur de courant A;
- b) lorsque les IC-CPD sont alimentés à la tension d'essai, les réglages suivants sont effectués:
 - 1) étalonnage du courant d'appel (R3 et C1): L'IC-CPD est remplacé par une liaison B_C d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai. S3 et S4 sont en position d'ouverture. R3 et C1 sont réglées de sorte qu'après la fermeture de S1 à un angle de phase de 90° , le courant qui traverse le capteur de courant atteigne une valeur de crête de $200\text{ A} \pm 10\text{ A}$ avec un temps de montée t_r (10 % à 90 % de la valeur de crête) inférieur ou égal à $20\text{ }\mu\text{s}$, puis redescende à une valeur de $66\text{ A} \pm 3\text{ A}$ à $30\text{ }\mu\text{s} + 20\text{ }\mu\text{s}$ après la valeur de crête;
 - 2) étalonnage du courant assigné (X1): Lorsque la liaison B_C est retirée, que S1, S2 et S3 sont en position de fermeture et que S4 est en position d'ouverture, X1 est réglée de sorte que le courant qui traverse le capteur de courant soit égal au courant assigné. X1 se compose de résistances et de bobines d'inductance connectées en série (X1). 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 d'au moins 0,95;
 - 3) étalonnage du courant de précharge (R2) si le courant assigné du dispositif est inférieur à 30 A: Avec l'IC-CPD remplacé par une liaison B_C d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai et S1, S3 et S4 en position de fermeture, R2 est réglée de sorte que le courant qui traverse le capteur de courant soit égal à 30 A en valeur efficace. Si le courant assigné du dispositif est supérieur à 30 A, R2 est remplacée par un circuit ouvert.

Le courant d'appel se compose de deux composantes superposées, qui démarrent en même temps, lors de la fermeture des contacts dans l'IC-CPD:

- le courant d'essai obtenu a une valeur de crête maximale de 230 A et correspond à l'Événement 1 de l'ISO 17409:2020, 8.2.2;
- la valeur de crête tombe à 30 A en valeur efficace. Ce courant (sinusoïdal) perdure pendant 1 s au maximum et correspond à l'Événement 2 de l'ISO 17409:2020, 8.2.2.

Une forme d'onde principale est représentée à la Figure 31.

9.8.2.2 Procédure d'essai pour l'essai en charge

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées comme suit:

- a) 1 000 manœuvres sont effectuées en fermant S4 et S3, en appliquant la tension d'alimentation aux bornes de l'IC-CPD en fermant S1, en fermant S2 et en ouvrant S4 1 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD. 2 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD, la manœuvre d'ouverture est déclenchée en ouvrant S2. Après cela, le nouveau cycle de manœuvres est lancé. Dès que les 1 000 manœuvres ont été effectuées, S1 doit être ouvert;
- b) 1 500 manœuvres sont effectuées en fermant S4 et S3, en appliquant la tension d'alimentation aux bornes de l'IC-CPD en fermant S1, en fermant S2 et en ouvrant S4 1 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD. 2 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD, la manœuvre d'ouverture est déclenchée en appliquant un courant différentiel de fonctionnement $I_{\Delta n}$ aux bornes d'un pôle (non représenté sur la Figure 29). Après cela, le nouveau cycle de manœuvres est lancé.

Pendant les essais a) et b), il est considéré que le contact du conducteur de protection est également vérifié, mais à vide.

9.8.2.3 Procédure d'essai pour l'essai du pouvoir de fermeture sans coupure

7 500 cycles de manœuvres sont effectués en fermant S4 et S3, et en appliquant la tension d'alimentation à l'IC-CPD en fermant S1 et S2. 1 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD, les interrupteurs S4 et S3 doivent être ouverts. 2 s $\pm$ 100 ms après la fermeture du circuit principal par l'IC-CPD, la manœuvre d'ouverture est déclenchée en ouvrant S2. Après cela, le nouveau cycle de manœuvres est lancé. Dès que les 10 000 manœuvres ont été effectuées, S1 doit être ouvert.

9.8.2.4 État de l'IC-CPD après les essais

Après les essais du 9.8.2.2 et du 9.8.2.3, l'examen de l'IC-CPD 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 7;
- de desserrage des connexions électriques ou mécaniques;
- d'écoulement du matériau d'étanchéité, le cas échéant.

Dans les conditions d'essai du 9.7.2.4, l'IC-CPD doit se déclencher avec un courant d'essai égal à 1,25 $I_{\Delta n}$. Un seul essai doit être effectué avec mesure de la durée de coupure. La durée de coupure ne doit pas dépasser 0,3 s.

L'IC-CPD doit alors satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique spécifié en 9.5.3, mais sans traitement préalable à l'humidité et à une tension égale à 900 V, pendant 1 min.

9.9 Vérification du comportement de l'IC-CPD dans des conditions de surintensité

9.9.1 Liste des essais de surintensité

Les différents essais destinés à vérifier le comportement des IC-CPD dans des conditions de surintensité sont indiqués dans le Tableau 16.

Tableau 16 – Essais destinés à vérifier le comportement des IC-CPD dans des conditions de surintensité

Vérification	Paragraphe
Pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.9.2.2
Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$	9.9.2.3
Coordination à 250 A et au courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc}	9.9.2.4 a)
Coordination au pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m	9.9.2.4 b)
Coordination à 250 A et au courant différentiel conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta c}$	9.9.2.4 c)
Pouvoir de coupure et de fermeture de la fiche et du ou des socles de l'IC-CPD, qu'ils soient séparés ou incorporés	9.9.3

9.9.2 Essais de court-circuit

9.9.2.1 Conditions d'essai générales

Les conditions du 9.9.2.1 s'appliquent à l'ensemble des essais destinés à vérifier le comportement de l'IC-CPD dans des conditions de court-circuit.

a) Circuit d'essai

Selon le cas, la Figure 6 représente le schéma du circuit à utiliser pour les essais.

La source alimente un circuit composé d'une résistance R , d'une bobine d'inductance X , d'un DPCC, de l'IC-CPD en essai et des résistances supplémentaires R_1 , R_2 ou R_3 , selon le cas.

La résistance R et la bobine d'inductance X sont placées entre la source d'alimentation S et l'IC-CPD en essai.

Les bobines d'inductance X doivent être sans fer. Elles doivent toujours être connectées en série avec la résistance 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 R absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine, sauf accord contraire entre le fabricant et l'utilisateur.

Le DPCC est inséré en amont de l'IC-CPD en essai.

Les résistances supplémentaires R_1 , R_2 et R_3 doivent être insérées côté charge de l'IC-CPD en essai, comme cela est représenté à la Figure 6.

Les IC-CPD classifiés selon le 4.2.2 doivent être soumis à l'essai dans l'ensemble, à l'état de livraison.

Les IC-CPD classifiés selon le 4.3.3 doivent, à la discrétion du fabricant et du laboratoire d'essai, être équipés de câbles.

Le schéma du circuit d'essai doit être fourni dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la sous-figure a), b) ou c) appropriée Figure 6 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.

Des essais doivent être réalisés afin de vérifier les valeurs I^2t et I_p minimales, indiquées dans le Tableau 17, que doit supporter l'IC-CPD. Le DPCC, le cas échéant, doit être réglé et doit être constitué d'un fil d'argent, d'un fusible ou de tout autre moyen. Le fabricant doit spécifier le type de DPCC à utiliser pour les essais. Le type de DPCC doit être indiqué dans le rapport d'essai.

Pour les besoins de cet essai, une vérification destinée à s'assurer que le DPCC a été correctement choisi et réglé (I^2t et I_p) est effectuée avant les essais, l'IC-CPD étant remplacé par une connexion provisoire d'impédance négligeable.

Les valeurs minimales d'énergie thermique I^2t et de courant de crête I_p , pour un angle électrique de 45°, sont indiquées dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Valeurs minimales de I^2t et I_p

		I_n A			
I_{nc} et $I_{\Delta C}$ A		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5
	I^2t (kA ² s)	2,5	3,0	3,6	6,0

Si le fabricant en fait la demande, des valeurs plus élevées de I^2t et I_p peuvent être utilisées. La vérification des valeurs I^2t et I_p minimales n'est pas nécessaire si le fabricant a déclaré des valeurs supérieures aux valeurs minimales pour l'IC-CPD, auquel cas les valeurs déclarées doivent être vérifiées.

Toutes les parties conductrices de l'IC-CPD en essai qui sont normalement raccordées à la terre en conditions de service, y compris le support métallique sur lequel est fixé ou placé l'IC-CPD ou toute enveloppe métallique 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.

Les capteurs de tension V doivent enregistrer la tension d'alimentation et la tension de rétablissement. Le capteur de courant A doit enregistrer le courant d'essai.

D'autres capteurs peuvent être placés pour fournir des indications sur le fonctionnement, par exemple la tension aux bornes des pôles qui transportent la tension ou le courant d'essai entre la borne de sortie L (ou L₁) et le neutre.

Sauf spécification contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être d'au moins 100 Ω /V de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

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 l'IC-CPD et le DPCC doivent être effectués aux valeurs des facteurs et grandeurs d'influence fixés par le fabricant, conformément au Tableau 5 du présent document, 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: 0^{+5}_{-0} %;
- fréquence: ± 5 %;
- facteur de puissance: $0_{-0,05}$;
- tension: ± 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 G.

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 assignée de l'IC-CPD en essai.

NOTE La valeur de 105 % de la tension assignée est réputée couvrir les effets des variations de la tension du réseau dans les conditions de service normal. La valeur limite supérieure peut être augmentée après accord du fabricant.

Après chaque extinction de l'arc, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,1 s.

e) Étalonage du circuit d'essai

Le courant est enregistré aux bornes du capteur de courant A.

Lorsque les IC-CPD sont alimentés à la tension d'essai, enregistrée par le capteur de tension V, les réglages suivants sont effectués:

- r et X : le DPCC est remplacé par une liaison B_L et l'IC-CPD par des liaisons B_C d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai. Les connexions en aval de l'IC-CPD en essai sont court-circuitées au moyen de la liaison B_d d'impédance négligeable. La résistance R et la bobine d'inductance X sont réglées de manière à obtenir un courant égal au courant conditionnel assigné de court-circuit au facteur de puissance prescrit;
- R_1 , R_2 , R_3 : le DPCC est remplacé par une liaison B_L et l'IC-CPD par des liaisons B_C d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai (la liaison B_d est retirée);
 - R_1 : courant différentiel de $10 I_{\Delta n}$ lorsque S_1 est fermé (pour le courant différentiel lors de l'essai de I_m).
 - R_2 : courant de fermeture et de coupure assigné (pour la coordination de l'essai de I_m , de $I_{\Delta m}$ et de I_m). La valeur est la plus élevée entre 100 A et $10 I_n$
 - R_3 : courant de 250 A (pour les essais de I_{nc} et de $I_{\Delta c}$)

f) Conditionnement de l'IC-CPD pour l'essai

L'IC-CPD doit être monté et raccordé conformément aux instructions du fabricant.

La longueur totale du cordon d'alimentation et des cordons de véhicule doit correspondre à la longueur de cordon la plus courte disponible sur le marché. Si des cordons rectilignes et en spirale sont fournis, les cordons rectilignes doivent être utilisés.

La longueur totale doit être d'au moins 0,75 m. En ce qui concerne les câbles en spirale, la longueur déployée est prise comme longueur de câble.

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": l'IC-CPD étant en position de fermeture, le court-circuit étant est en fermant l'interrupteur S_2 ;
- 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;
- CO représente une manœuvre de "fermeture/ouverture": l'interrupteur S_2 étant en position de fermeture, le court-circuit est établi en fermant l'IC-CPD. L'ouverture s'effectue en manœuvrant l'IC-CPD ou le DPCC (dans le cas d'un DPCC, voir le 9.9.2.4).

Si l'IC-CPD se ferme automatiquement lorsque la tension est appliquée, l'interrupteur d'essai S_3 est fermé pour effectuer la manœuvre "CO".

h) Comportement de l'IC-CPD pendant les essais

Pendant les essais, l'IC-CPD 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 ne doit se produire.

i) État de l'IC-CPD après les essais

Les échantillons d'IC-CPD sont considérés comme ayant satisfait à l'essai si au moins l'une des conditions suivantes est remplie:

- aucun dommage ne compromet son utilisation ultérieure, à savoir:
 - l'IC-CPD doit être capable de satisfaire aux essais du 9.14;
 - l'IC-CPD doit être capable, sans maintenance, de fermer et de couper son courant assigné à sa tension assignée;
 - dans les conditions d'essai du 9.7.2.3, l'IC-CPD 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;
 - pour un IC-CPD classifié selon le 4.4.2 (SPE), l'ouverture du contact PE doit être assurée;
- un défaut est indiqué au moyen d'un signal visuel ou sonore, le signal pilote de commande doit désactiver la charge et le contact du conducteur de protection, le cas échéant, est en position de fermeture.

De plus, toutes les conditions suivantes doivent être remplies:

- aucun accès aux parties actives qui sont généralement inaccessibles en usage normal ne doit se produire, même si le doigt d'épreuve normalisé (voir la Figure 32) est appliqué avec une force inférieure ou égale à 5 N;
- l'IC-CPD doit satisfaire, sans maintenance, aux exigences du 9.5.3, mais à une tension égale à deux fois la tension assignée pendant 1 min et sans traitement préalable à l'humidité;
- la continuité de la voie du conducteur de protection avec une impédance suffisamment basse doit être maintenue et vérifiée à l'aide de moyens appropriés.

9.9.2.2 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude de l'IC-CPD en essai à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit lorsque le courant différentiel provoque le déclenchement de l'IC-CPD.

a) Conditions d'essai

L'IC-CPD est soumis à l'essai dans un circuit conformément aux conditions d'essai générales prescrites en 9.9.2.1.

Une liaison B_L est connectée dans le DPCC, de façon à ne pas avoir de DPCC extérieur inséré dans le circuit.

R_1 est connecté en fermant S_1 .

R_2 est connecté à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie neutre de l'IC-CPD de type LNSE.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

CO – t – CO – t – CO

9.9.2.3 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$) en court-circuit

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude de l'IC-CPD à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants différentiels de court-circuit.

a) Conditions d'essai

Pour les systèmes de prises de courant non polarisés, l'essai doit être réalisé dans une position aléatoire de la fiche insérée dans le socle.

L'IC-CPD est soumis à l'essai dans un circuit conformément aux conditions d'essai générales prescrites en 9.9.2.

Une liaison B_L est connectée dans le DPCC, de façon à ne pas avoir de DPCC extérieur inséré dans le circuit.

S_1 est ouvert pour déconnecter R_1 .

R_2 est connecté à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie du conducteur de protection.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO – t – CO

9.9.2.4 Vérification de la coordination entre l'IC-CPD et le DPCC

Ces essais sont destinés à vérifier que l'IC-CPD 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) et à sa valeur assignée de fermeture et de coupure.

Le courant de court-circuit est interrompu par l'association de l'IC-CPD et du DPCC.

Pendant l'essai, l'IC-CPD et/ou le DPCC peuvent s'ouvrir. Toutefois, si seul l'IC-CPD s'ouvre, l'essai est aussi considéré comme satisfaisant.

Le DPCC est remplacé ou réarmé, selon le cas, après chaque manœuvre.

Les essais suivants sont effectués dans les conditions générales données en 9.9.2.1 et comme cela est spécifié en a), b) ou c), selon le cas.

Pour les manœuvres "O", la fermeture de l'interrupteur S_2 est synchronisée 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})

Un essai est effectué sans établir un courant différentiel résiduel jusqu'au courant conditionnel assigné de court-circuit I_{nc}

1) Conditions d'essai

Pour les systèmes de prises de courant sans pôles, l'essai doit être réalisé dans une position aléatoire de la fiche insérée dans le socle.

La liaison B_L aux bornes du DPCC est ouverte de sorte que le DPCC soit dans le circuit d'essai.

R_1 n'est pas connecté et S_1 est ouvert.

Pour l'essai à 250 A, R_3 est connecté à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie neutre de l'IC-CPD de type LNSE.

Pour l'essai de I_{nc} , la borne de sortie L_t de l'IC-CPD est connectée à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie neutre de l'IC-CPD de type LNSE.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO à 250 A;

O – t – CO à la valeur I_{nc} assignée.

Un échantillon neuf peut être utilisé pour chaque séquence d'essais.

b) Vérification de la coordination au pouvoir de coupure et de fermeture assigné (I_m)

Un essai est effectué sans établir de courant différentiel, à 100 A.

1) Conditions d'essai

La liaison BL aux bornes du DPCC est ouverte de sorte que le DPCC soit dans le circuit d'essai.

R_1 n'est pas connecté et S_1 est ouvert.

R_2 est connecté à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie neutre de l'IC-CPD de type LNSE.

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 ($I_{\Delta C}$)

Un essai est effectué avec un courant différentiel résiduel jusqu'au courant conditionnel assigné de court-circuit $I_{\Delta C}$ dans le circuit du conducteur de protection de l'IC-CPD.

1) Conditions d'essai

La liaison BL aux bornes du DPCC est ouverte de sorte que le DPCC soit dans le circuit d'essai.

R_1 n'est pas connecté et S_1 est ouvert.

Pour l'essai à 250 A, R_3 est connecté à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie du conducteur de protection de l'IC-CPD.

Pour l'essai de $I_{\Delta C}$, la borne de sortie L_1 de l'IC-CPD est connectée à la borne de ligne de l'interrupteur S_2 . La borne de sortie de l'interrupteur S_2 est connectée à la borne de sortie du conducteur de protection de l'IC-CPD.

2) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est effectuée:

O – t – CO à 250 A;

O – t – CO à la valeur $I_{\Delta C}$ assignée.

Un échantillon neuf peut être utilisé pour chaque séquence d'essais.

9.9.3 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure de la fiche de l'IC-CPD

La conformité est vérifiée conformément à l'article relatif au pouvoir de fermeture et de coupure applicable de la Norme nationale en vigueur. En l'absence de Norme nationale, l'Article 20 de l'IEC 60884-1:2022 s'applique.

9.10 Vérification de la résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

9.10.1 Généralités

Les IC-CPD doivent avoir une résistance mécanique adéquate pour supporter les contraintes qui s'exercent en usage normal.

La conformité de chaque élément intégré est vérifiée par les essais appropriés conformément au Tableau 18.

Tableau 18 – Liste des essais de résistance aux chocs mécaniques et aux impacts

Partie à soumettre à l'essai	Paragraphe d'essai
Pour les presse-étoupes à vis des IC-CPD	9.10.3
Pour les dispositifs classifiés selon le 4.6.1	9.10.2, 9.10.3 et 9.10.4
Pour les dispositifs classifiés selon le 4.6.2	9.10.2 et 9.10.5
Pour les dispositifs classifiés selon le 4.6.3	9.10.2, 9.10.3, 9.10.4 et 9.10.5

La conformité des fiches et des prises mobiles ne comportant pas le boîtier de fonctions est vérifiée par les essais appropriés de la norme de produit applicable.

9.10.2 Essai de chute

L'IC-CPD est soumis à l'essai avec la longueur de câble la plus courte fournie par le fabricant.

L'essai de chute doit être réalisé conformément à l'IEC 60068-2-31, avec les paramètres suivants:

- nombre de dispositifs: 3;
- nombre de chutes par dispositif: 2 pour chaque axe x, y, z;
- hauteur de chute: 1 m;
- surface d'impact: sol en béton ou plaque d'acier;
- orientation: la première chute de chaque dispositif selon un axe dimensionnel différent, la seconde chute du dispositif concerné selon le même axe dimensionnel, mais sur le côté opposé de l'enveloppe;
- mode de fonctionnement: n'est pas en fonctionnement.

Après l'essai de chute, l'IC-CPD est considéré comme ayant satisfait à l'essai si les conditions suivantes sont remplies:

- l'enveloppe de l'IC-CPD ne présente aucun dommage visible compromettant la protection contre les chocs électriques;
- un autotest conforme au 9.13 est réussi;
- dans les conditions d'essai du 9.7.2.4, l'IC-CPD doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{An}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure;
- pour un IC-CPD classifié selon le 4.4.2 (SPE), l'ouverture du contact PE doit être assurée.

NOTE 1 Cet essai couvre le cas d'une mauvaise manipulation par l'utilisateur qui peut laisser tomber le dispositif lorsqu'il le porte.

NOTE 2 L'essai est effectué conformément à l'ISO 16750-3:2012, 4.3.2.

9.10.3 Essai pour les presse-étoupes à vis des IC-CPD

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 à la clé le couple spécifié dans le Tableau 19 pendant 1 min.

Tableau 19 – Couple appliqué à la clé pour l'essai

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 aucune détérioration au sens du présent document.

9.10.4 Essai de résistance mécanique des IC-CPD équipés de cordons

Les IC-CPD selon le 4.6.1 et le 4.6.3 sont soumis à l'essai comme en usage normal.

L'IC-CPD est équipé d'un câble souple de 2,25 m du point de pivotement au point de support, comme cela est représenté à la Figure 17.

L'échantillon est maintenu de sorte que le câble ou cordon soit horizontal, puis est lâché huit fois sur un sol en béton (dans différentes orientations).

Après l'essai, les échantillons ne doivent présenter aucune détérioration 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.

L'IC-CPD 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 9.4.

9.10.5 Essai de choc mécanique et essai de chocs

Les essais spécifiés au 10.2.701.2 et à l'Annexe EE de l'IEC 61439-7:2022 doivent être réalisés.

La conformité doit être assurée conformément au 10.2.701.2 et à l'Annexe EE de l'IEC 61439-7:2022.

9.11 Essai de résistance à la chaleur

9.11.1 Généralités

Les essais sont effectués conformément au 9.11.2, au 9.11.3 et au 9.11.4, selon le cas.

Les essais du 9.11.2 et du 9.11.3 ne sont pas effectués sur les parties en matériau céramique.

Si au moins deux parties isolantes spécifiées en 9.11.2 et en 9.11.3 sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une de ces parties, conformément au 9.11.2 ou au 9.11.3, selon le cas.

9.11.2 Essai de température en étuve

Les échantillons, sans leurs capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Au cours de l'essai, les échantillons 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 9.7.2.3, l'IC-CPD 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.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas retenus, tant que la sécurité n'est pas compromise au sens du présent document.

9.11.3 Essai de pression à la bille des matériaux isolants nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant

Les parties en matériau isolant des IC-CPD 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 12.

Lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer l'essai sur les éprouvettes, il convient de l'effectuer sur une pièce d'une épaisseur d'au moins 2 mm découpée dans l'éprouvette. Si cela n'est pas possible, jusqu'à quatre couches, toutes prélevées dans la même éprouvette, peuvent être utilisées, auquel cas il convient que l'épaisseur totale des couches ne soit pas inférieure à 2,5 mm.

Les parties en matériau thermoplastique situées sur la face frontale dans une zone d'une largeur de 2 mm 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 en 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 pendant 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.

9.11.4 Essai de pression à la bille des matériaux isolants non nécessaires pour maintenir en position les parties parcourues par un courant

Les parties extérieures en matériau isolant des IC-CPD 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 9.11.3, mais l'essai est effectué à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ou $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante lors de l'essai du 9.6, si cette température est plus élevée.

Lorsque la note de bas de page h) du Tableau 5 s'applique, l'essai est réalisé à une température de $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ou $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ plus l'échauffement maximal déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai du 9.6, si celle-ci est plus élevée.

9.12 Résistance du matériau isolant à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent 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 protection, par l'essai réalisé à une température de $750 ^\circ\text{C} \pm 15 ^\circ\text{C}$;
- pour toutes les autres parties externes en matériau isolant, par un essai effectué à la température de $650 ^\circ\text{C} \pm 10 ^\circ\text{C}$.

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 9.12. Les pièces sont considérées comme de petites pièces (voir la Figure 33):

- lorsque chaque surface tient entièrement dans un cercle d'un diamètre de 15 mm; ou
- lorsqu'au moins l'une des surfaces ne peut pas tenir entièrement dans un cercle d'un diamètre de 8 mm, alors que la dimension d'au moins une partie est > 15 mm.

Lors de l'examen d'une surface:

- les projections sur cette surface ne sont pas prises en compte; et
- les trous ou renforcements de dimensions inférieures ou égales à 2 mm ne sont pas pris en compte.

Les essais ne sont pas effectués sur les pièces en matériau céramique.

Dans la mesure du possible, il convient que l'échantillon soit un IC-CPD complet.

Si l'essai ne peut pas être effectué sur un IC-CPD complet, une partie appropriée peut être découpée pour les besoins de l'essai.

L'essai est réalisé 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 soumettant la surface à l'essai en position verticale).

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.

9.13 Vérification de l'autotest

9.13.1 Conditions d'essai

Chaque IC-CPD est initialement alimenté à la tension assignée comme en usage normal.

Pendant la procédure d'autotest, il doit être vérifié que le conducteur de protection en amont ne devient pas actif et les contacts en aval ne doivent pas être fermés.

L'IC-CPD doit se déclencher dans les conditions du 9.7.2.4 avec un courant différentiel $I_{\Delta n}$. L'IC-CPD ne doit pas pouvoir être refermé sans effectuer d'autotest.

Avant chaque démarrage du processus de charge, l'IC-CPD doit être soumis à l'essai par un autotest lancé automatiquement.

Le fonctionnement correct de l'autotest est vérifié au moyen du circuit d'essai représenté à la Figure 34 a), la Figure 34 b) ou la Figure 34 c), selon le cas.

9.13.2 Vérification de l'autotest avec un IC-CPD en fonctionnement normal

Un échantillon d'IC-CPD est connecté au circuit d'essai.

La manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être effectuée avec l'interrupteur d'essai S1 (ou l'interrupteur S3 pour le type LLLNSE/LLLNE) en position de fermeture.

Le fonctionnement correct de l'IC-CPD doit conduire au démarrage de la charge du VE.

Pour le type LLSE/LLE, l'essai est répété avec l'interrupteur S2 en position 2.

Le fonctionnement correct de l'IC-CPD doit conduire au démarrage de la charge du VE.

Pour le type LLLNSE/LLLNE, l'essai est répété avec l'interrupteur S4 en positions 2 et 3.

Le fonctionnement correct de l'IC-CPD doit conduire au démarrage de la charge du VE.

9.13.3 Vérification de l'autotest avec simulation de contacts d'IC-CPD collés

Un échantillon d'IC-CPD doit être préparé en mettant en court-circuit les contacts de phase et de neutre. Si les contacts de surveillance de l'appareil de connexion sont couplés mécaniquement, chaque contact de surveillance doit être préparé de manière à indiquer tout défaut lié à des contacts de phase ou de neutre collés. En cas de contacts couplés non mécaniquement, un autre échantillon est préparé avec un seul contact mis en court-circuit, choisi au hasard. Pour l'essai, cette voie de courant est connectée à l'alimentation.

La manœuvre de fermeture de l'IC-CPD doit être effectuée avec l'interrupteur d'essai S1 (ou l'interrupteur S3 pour le type LLLNSE/LLLNE) en position de fermeture.

Tout défaut doit être indiqué au moyen d'un signal visuel ou sonore, le signal pilote de commande devant désactiver la charge et le contact du conducteur de protection, le cas échéant, étant en position de fermeture.

Pour le type LLSE/LLE, l'essai est répété avec l'interrupteur S2 en position 2.

Tout défaut doit être indiqué au moyen d'un signal visuel ou sonore, le signal pilote de commande devant désactiver la charge et le contact du conducteur de protection, le cas échéant, étant en position de fermeture.

Pour le type LLLNSE/LLLNE, l'essai est répété avec l'interrupteur S4 en positions 2 et 3.

Tout défaut doit être indiqué au moyen d'un signal visuel ou sonore, le signal pilote de commande devant désactiver la charge et le contact du conducteur de protection, le cas échéant, étant en position de fermeture.

9.14 Vérification du comportement des IC-CPD en cas de perte de la tension d'alimentation

9.14.1 Vérification du fonctionnement correct à la tension d'emploi minimale (U_x)

Une tension égale à U_e est appliquée à l'une des deux voies de courant de l'IC-CPD choisie au hasard, et la tension est réduite progressivement jusqu'à U_x , puis abaissée progressivement à raison de 5 V/s jusqu'à l'ouverture automatique du dispositif.

La tension d'ouverture est mesurée.

Cinq mesurages sont effectués sur chaque échantillon.

Toutes les valeurs de tension d'ouverture mesurées doivent être inférieures ou égales à U_x .

U_x ne doit pas dépasser 0,85 fois la tension assignée ou 0,85 fois la valeur minimale de la plage de tensions assignées.

À la suite de ces mesurages, la tension est réglée à U_e puis est réduite à une valeur de 5 % supérieure à la tension d'ouverture maximale mesurée. Il doit être vérifié que l'IC-CPD fonctionne conformément au Tableau 2 à $I_{\Delta n}$ dans ces conditions.

Si toutes les tensions d'ouverture mesurées sont inférieures à 85 V, cet essai est effectué à une valeur de 85 V.

9.14.2 Vérification de l'ouverture automatique en cas de perte de la tension d'alimentation

L'IC-CPD est alimenté côté réseau à la tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur comprise dans la plage des tensions assignées) et est fermé.

La tension d'alimentation est ensuite coupée.

L'intervalle de temps entre la coupure et l'ouverture des contacts principaux est mesuré.

Cinq mesurages sont effectués.

Le temps d'ouverture de l'IC-CPD doit être inférieur ou égal à 1 s.

9.14.3 Vérification de la fonction de refermeture

L'IC-CPD étant en position d'ouverture par suite de l'ouverture automatique, une tension d'alimentation augmentant lentement est appliquée de façon à obtenir la tension assignée (ou, dans le cas d'une plage de tensions assignées, la tension assignée la plus faible en partant de zéro) en 30 s. L'IC-CPD doit relancer le processus de charge au plus tard dès que la tension atteint 0,85 fois la tension assignée. L'augmentation de la tension doit être interrompue au moment de la refermeture automatique de l'IC-CPD.

À cette tension ou à 85 V, si celle-ci est plus élevée, il doit être vérifié que l'IC-CPD fonctionne conformément au Tableau 2 à $I_{\Delta n}$. La tension d'alimentation est coupée puis réappliquée dans un délai de 30 s, et l'IC-CPD ne doit pas se refermer automatiquement tant que les dispositifs spécifiques au réarmement manuel n'ont pas été utilisés. Si le réarmement manuel est effectué en déconnectant l'IC-CPD du socle, l'IC-CPD peut se refermer à nouveau.

9.15 Vérification des valeurs limites du courant de non-fonctionnement dans des conditions de surintensité

L'IC-CPD est connecté comme en usage normal avec une charge pratiquement non inductive qui correspond à un courant de $4 I_n$.

Les IC-CPD sont alimentés côté réseau à la tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur comprise dans la plage des tensions assignées).

Le courant est établi par un interrupteur d'essai bipolaire, qui est ouvert après 1 s.

L'IC-CPD 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.

9.16 Vérification de la résistance aux déclenchements intempestifs dus aux courants de surcharge vers la terre résultant de tensions de choc

L'IC-CPD 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 21. Un exemple de schéma de circuit pour l'essai de l'IC-CPD est représenté à la Figure 22. Un pôle de l'IC-CPD, 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 d'IC-CPD du même type afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- valeur de crête: 25 A, avec une tolérance de +10 %;
- durée conventionnelle du front: 0,5 μ s, avec une tolérance de ± 30 %;
- période de l'onde oscillatoire suivante: 10 μ s, avec une tolérance de ± 20 %;
- chacune des crêtes successives: environ 60 % de la valeur de crête précédente.

Avant cours des essais, l'IC-CPD ne doit pas se déclencher.

9.17 Vérification de la fiabilité

9.17.1 Essai climatique

9.17.1.1 Enceinte d'essai

L'enceinte doit être construite comme cela est indiqué dans l'IEC 60068-3-4. L'eau condensée doit être continuellement évacuée de l'enceinte d'essai et ne doit pas être réutilisée, sauf si celle-ci a 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 $7,0 \pm 1,0$.

9.17.1.2 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: $(55 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- nombre de cycles: 28.

9.17.1.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être conforme à l'IEC 60068-3-4 et à l'IEC 60068-2-30.

a) Vérification initiale

Une vérification initiale est effectuée en soumettant l'IC-CPD à l'essai du 9.7.2.4, mais seulement à ΔT .

b) Conditionnement

1) L'IC-CPD connecté comme en usage normal est placé dans l'enceinte.

Il doit être en position de fermeture. Les IC-CPD doivent être alimentés à la tension assignée ou, lorsqu'il existe plusieurs tensions assignées, à l'une d'entre elles.

2) Période de stabilisation (voir la Figure 18).

La température de l'IC-CPD doit être stabilisée à $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$:

- soit en plaçant l'IC-CPD dans une enceinte distincte avant de le placer dans l'enceinte d'essai;
- soit en réglant la température de l'enceinte d'essai à $(25 \pm 3) ^\circ\text{C}$ après avoir placé l'IC-CPD 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 5).

Pendant la dernière heure, l'IC-CPD 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 19)

- i) La température de l'enceinte doit être augmentée progressivement jusqu'à la valeur de la température la plus élevée indiquée en 9.17.1.2. 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 19. Pendant cette période, l'humidité relative doit être d'au moins 95 %. Pendant cette période, de la condensation doit se former sur l'IC-CPD. Des précautions sont prises afin qu'aucune goutte d'eau condensée ne puisse tomber sur l'échantillon.

NOTE La condition pour que de la condensation se forme implique que la température de surface de l'IC-CPD soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère. Cela signifie que l'humidité relative est supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible.

- 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 pendant les 15 premières et les 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se former de condensation sur l'IC-CPD 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 h 30 min, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si celle-ci était maintenue de la manière représentée à la Figure 18, 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.

9.17.1.4 Rétablissement

À la fin des cycles, l'IC-CPD 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.

Une période de 4 h à 6 h doit ensuite s'écouler pour rétablir les conditions de l'atmosphère ambiante (température et humidité) avant de procéder aux mesurages finaux.

Au cours des 28 cycles, l'IC-CPD ne doit pas se déclencher.

9.17.1.5 Vérification finale

Dans les conditions d'essai spécifiées en 9.7.2.4, l'IC-CPD doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$ et ne doit pas se déclencher avec un courant $I_{\Delta no}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

9.17.2 Essai à la température de $45 ^\circ\text{C}$

L'IC-CPD est installé comme en usage normal sur une paroi de contreplaqué de 20 mm d'épaisseur environ, peinte en noir mat.

Les IC-CPD sont soumis à l'essai à l'état de livraison par le fabricant.

L'ensemble est placé dans une étuve.

Les IC-CPD non démontables sont soumis à l'essai à l'état de livraison.

Un courant égal au courant assigné à une tension appropriée est ensuite appliqué à l'IC-CPD, puis l'IC-CPD est soumis à une température de $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec circulation d'un courant suivies de 3 h sans courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, l'IC-CPD n'étant pas manœuvré.

Lorsque la note de bas de page h) du Tableau 5 s'applique, l'essai doit être réalisé à la température maximale de la fiche.

Les IC-CPD sont alimentés à la tension assignée ou, lorsqu'il existe plusieurs tensions assignées, à l'une d'entre elles. À la fin 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, laisser l'IC-CPD refroidir dans l'enceinte approximativement jusqu'à la température ambiante, sans circulation de courant.

Dans les conditions d'essai spécifiées en 9.7.2.4, l'IC-CPD 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.

9.18 Résistance au vieillissement

L'IC-CPD 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 IC-CPD 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 (conformément à l'IEC 62368-1:2023, 3.3.6.3), 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 aucune détérioration susceptible d'entraîner la non-conformité au présent document.

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

L'IC-CPD est placé à une température ambiante de $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et chargé au courant assigné pendant 168 h. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension correspondant à la tension assignée de l'IC-CPD ou, lorsqu'il existe plusieurs tensions assignées, à la tension correspondant à la tension assignée la plus élevée. Après cet essai, laisser l'IC-CPD refroidir dans l'enceinte approximativement jusqu'à la température ambiante, sans circulation de courant.

Lorsque la note de bas de page h) du Tableau 5 s'applique, l'essai doit être réalisé à la température maximale de la fiche.

Dans les conditions d'essai du 9.7.2.4, l'IC-CPD doit se déclencher avec un courant d'essai égal à $1,25 I_{\Delta n}$ et ne doit pas se déclencher avec un courant $I_{\Delta no}$. Un seul essai est effectué sur un pôle choisi au hasard, sans mesurer la durée de coupure.

NOTE La Figure 20 représente un exemple de circuit d'essai pour cette vérification.

9.19 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 $30 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ 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.*

Il importe de vérifier avant chaque essai que les électrodes sont propres, de forme correcte et correctement placées.

En cas de doute, l'essai est répété, le cas échéant, sur un nouveau lot d'échantillons.

9.20 Essai sur les broches comportant une gaine isolante

La conformité est vérifiée conformément à l'article relatif aux gaines isolantes applicable de la Norme nationale en vigueur. En l'absence de Norme nationale, la conformité des broches des IC-CPD est vérifiée conformément à l'Article 30 de l'IEC 60884-1:2022.

9.21 Vérification des effets des contraintes sur les conducteurs

Le câble souple ou le cordon est connecté à l'IC-CPD de telle sorte que les conducteurs parcourus par un courant empruntent le plus court chemin 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 de l'IC-CPD est remonté et fixé correctement.

9.22 Vérification du couple exercé par les IC-CPD sur les socles fixes

NOTE Dans les pays suivants, cet essai n'est pas exigé: Japon.

L'IC-CPD est câblé comme à l'état de livraison ou comme en usage normal, et équipé d'une fiche correspondante.

Le matériel est inséré dans un socle fixe conforme à la norme pertinente à une hauteur de 1,5 m, le socle étant tourné approximativement à l'horizontale au niveau de l'axe des contacts actifs du socle, à une distance de 8 mm en arrière de la face d'engagement du socle et parallèlement à cette face.

Le couple exercé par la fiche et le câble sur un socle installé de sorte que la face d'engagement soit verticale ne doit pas dépasser 0,25 Nm, sauf si cette exigence ne s'applique pas dans la norme du système de prise de courant déclaré par le fabricant.

Pendant l'essai, il convient de veiller à bien laisser le câble souple de l'IC-CPD pendre librement.

9.23 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 15.

Le boîtier de fonctions des IC-CPD classifiés selon le 4.3.2 et le 4.3.3 est soumis à l'essai à l'état de livraison.

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 ou le cordon est soumis 100 fois à un effort de traction de:

- 60 N pour $6\text{ A} < I_n \leq 16\text{ A}$ et $U_e \leq 250\text{ V}$;
- 80 N pour $6\text{ A} < I_n \leq 16\text{ A}$ et $U_e > 250\text{ V}$;
- 100 N pour $I_n > 16\text{ A}$.

Les efforts de traction sont appliqués sans secousses, 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, le câble étant soumis à l'effort de traction d'essai. Pour les appareils démontables par le fabricant, les extrémités des conducteurs 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 tendu avant les essais, à une distance de 2 cm environ de l'extrémité de l'échantillon ou du protège-câble. Si, pour les appareils non démontables, il n'y a pas d'extrémité définie à la partie de l'IC-CPD raccordée au câble, une marque supplémentaire est réalisée sur le corps de cette partie.

9.24 Essai de flexion des IC-CPD non démontables

Un essai de flexion est effectué à l'aide d'un appareillage, comme cela est représenté à la Figure 16.

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 d'une manière appropriée.

En réglant la distance entre le dispositif de fixation de la partie oscillante et l'axe d'oscillation, l'IC-CPD est positionné de manière à réduire au minimum 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 au minimum 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 voir si les déplacements latéraux du câble sont réduits au minimum.

Le câble ou cordon est chargé d'une masse telle que la force appliquée soit de:

- 20 N pour les IC-CPD équipés de câbles ou cordons de section nominale inférieure ou égale à 2,5 mm²;
- 25 N pour les IC-CPD équipés de câbles ou cordons de section nominale comprise entre 2,5 mm² et 6 mm².

Un courant égal au courant assigné de l'IC-CPD ou à l'intensité suivante, si cette valeur est moins élevée, est appliqué aux bornes des âmes:

- 16 A pour les IC-CPD équipés de câbles ou cordons de section nominale supérieure à 1,5 mm²;
- 10 A pour les IC-CPD équipés de cordons d'une section nominale égale à 1,5 mm².

La tension entre conducteurs doit être égale à la tension assignée de l'IC-CPD ou, lorsqu'il existe plusieurs tensions assignées, à la tension 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 de l'IC-CPD 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.

NOTE 3 La révision de cet essai est à l'étude.

9.25 Vérification de la compatibilité électromagnétique (CEM)

9.25.1 Émission

Les exigences de la CISPR 14-1 s'appliquent.

9.25.2 Immunité

9.25.2.1 Essais d'immunité CEM

Les essais d'immunité CEM doivent être réalisés conformément au Tableau 20.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62752:2024

Tableau 20 – Essais d'immunité CEM

Phénomène électromagnétique	Essai selon	Référence de la norme de base pour la description de l'essai	Critères de performance	Exigences/Remarques
Conditions d'environnement basse fréquence normalisées				
Champ magnétique rayonné	9.9 et 9.15		9.9 et 9.15	
Creux de tension	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T1 IEC 61543:2022, 5.3.2	IEC 61000-4-11	B conformément au 9.25.2.2.2	Niveau 2: 0 % U_n pendant 1 cycle 70 % U_n pendant 25/30 cycles (50/60 Hz)
Coupures de tension	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T1 IEC 61543:2022, 5.3.2	IEC 61000-4-11	C conformément au 9.25.2.2.3	Niveau 2: 0 % U_n pendant 250/300 cycles (50/60 Hz)
Phénomènes électromagnétiques à haute fréquence				
Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T3 IEC 61543:2022, 5.3.3	IEC 61000-4-6	A conformément au 9.25.2.2.1	0,15 MHz à 80 MHz $Z = 150 \Omega$ Niveau 3: 10 V
Transitoires rapides/salves	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T4 IEC 61543:2022, 5.3.4	IEC 61000-4-4	B conformément au 9.25.2.2.2	Niveau 4: en amont –4 kV Niveau 3: en aval –2 kV Tr/Th 5/50 ns Fréquence de répétition de 5 kHz
Ondes de choc	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T5a IEC 61543:2022, 5.3.5	IEC 61000-4-5	B conformément au 9.25.2.2.2	Tr/Th 1,2/50 μ s Mode commun: 12 Ω^a – 4 kV Mode différentiel: 2 Ω^a – 2 kV
Ondes de choc	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T5b IEC 61543:2022, 5.3.5	IEC 61000-4-5	C conformément au 9.25.2.2.3	Tr/Th 1,2/50 μ s Mode commun: 12 Ω^a – 2 kV, 1 kV, 0,5 kV Mode différentiel: 2 Ω^a – 1 kV, 0,5 kV
Champ électromagnétique rayonné aux fréquences radioélectriques	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T6 IEC 61543:2022, 5.3.6	IEC 61000-4-3	A conformément au 9.25.2.2.1	80 MHz à 1 GHz, 10 V/m 1,4 GHz à 6 GHz, 3 V/m
Perturbations conduites en mode commun dans la plage de fréquences de 0 Hz à 150 kHz	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T7 IEC 61543:2022, 5.3.7	Valeurs issues de l'IEC 61000-4-16	A conformément au 9.25.2.2.1	Niveau 3
Conditions d'environnement électrostatatique normalisées				
Décharges électrostatiques	IEC 61543:2022, Tableau 1 -T8 IEC 61543:2022, 5.3.8	IEC 61000-4-2	C conformément au 9.25.2.2.3	Niveau 3 ± 8 kV dans l'air ± 6 kV au contact
^a L'Annexe C de l'IEC 61000-4-5:2014 contient des notes explicatives concernant les valeurs d'impédance de source pour les essais aux ondes de choc.				

9.25.2.2 Critères de performance

9.25.2.2.1 Critère de performance A

Pendant l'essai, l'IC-CPD doit rester fermé en conditions normales et doit se déclencher lorsque des conditions de défaut sont appliquées.

9.25.2.2.2 Critère de performance B

Pendant l'essai, l'IC-CPD ne doit pas se déclencher. Après l'essai, la conformité aux caractéristiques de fonctionnement pertinentes doit être vérifiée.

9.25.2.2.3 Critère de performance C

Pendant l'essai, l'IC-CPD peut se déclencher. Après l'essai, la conformité aux caractéristiques de fonctionnement pertinentes doit être vérifiée.

9.26 Essais remplaçant les vérifications des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air

9.26.1 Généralités

Les essais du présent 9.26 remplacent 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 en position de fermeture.

Les IC-CPD 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 IC-CPD doivent être compatibles avec les caractéristiques de fonctionnement marquées sur le composant et/ou indiquées dans les informations fournies par le fabricant.

9.26.2 Conditions anormales

Lorsque les IC-CPD 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 IC-CPD et aucune partie active ne doit devenir accessible.

La conformité est vérifiée en soumettant les IC-CPD à un essai d'échauffement dans les conditions de défaut décrites en 9.26.3 et en évaluant la protection contre les chocs électriques comme cela est décrit en 9.4.

9.26.3 Échauffement résultant de conditions de défaut

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués sur des IC-CPD montés, connectés et chargés comme cela est spécifié en 9.6.

L'examen de l'IC-CPD et du schéma de son circuit met en évidence les conditions de défaut qui doivent être appliquées.

Généralement, un échantillon distinct est soumis à l'essai pour chaque condition de défaut.

Chacune des conditions de défaut a) à e) doit être appliquée successivement. Un seul essai est effectué pour chacune des conditions de défaut suivantes.

- a) Court-circuit à travers les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air inférieures à celles données par la courbe A de la Figure 23, à l'exception suivante:

Dans les exigences relatives aux lignes de fuite et aux distances d'isolement dans l'air entre les conducteurs (dont l'un peut être connecté à un pôle du réseau d'alimentation), situés sur une carte imprimée conforme aux exigences de force d'arrachement et d'adhérence spécifiées dans la série IEC 61249-2, les valeurs données à la Figure 23 sont remplacées par celles calculées à l'aide de la formule suivante:

$$\log d = 0,78 \log \frac{V}{300} \text{ avec } 0,2 \text{ mm au minimum}$$

où

d est la distance en mm;

V est la valeur de crête de la tension en V.

NOTE 1 Ces distances peuvent être déterminées en se reportant à la Figure 24.

NOTE 2 Les valeurs réduites ci-dessus s'appliquent aux conducteurs eux-mêmes, mais pas aux composants montés ni aux connexions brasées correspondantes. Lors du calcul des distances, les revêtements au vernis-laque ou revêtements analogues des cartes imprimées ne sont pas pris en compte.

Les lignes de fuite et les distances d'isolement dans l'air conformes aux exigences du Tableau 7 et les cartes imprimées recouvertes d'un revêtement du type 2 conformes à l'IEC 60664-3 ne sont pas soumises à cet essai.

- b) Court-circuit aux bornes de l'isolation revêtue de couches de vernis-laque ou d'émail
c) Court-circuit ou interruption des semiconducteurs

Pour les circuits intégrés et autres dispositifs à semiconducteurs qui comportent plus de deux bornes, le nombre d'essais exigés rend impossible l'interruption et/ou la mise en court-circuit de toutes les combinaisons de bornes. Dans ce cas, il est admis dans un premier temps d'analyser en détail, par une étude théorique, l'ensemble des défauts mécaniques, thermiques et électriques qui peuvent se produire dans l'IC-CPD par suite du dysfonctionnement du dispositif électronique ou d'autres composants du circuit. Seules les combinaisons correspondant à des défauts qui, selon cette analyse, ont été jugées susceptibles d'entraîner la non-conformité de l'IC-CPD aux exigences des deux derniers alinéas du 9.26.3 (c'est-à-dire les deux alinéas avant le Tableau 21) doivent être vérifiées à l'aide de cette méthode.

- d) Court-circuit des condensateurs électrolytiques
e) Court-circuit ou déconnexion des résistances, inductances ou condensateurs

Il n'est pas nécessaire d'appliquer la condition e) si ces composants satisfont aux exigences du 9.27.

Les températures résultant de ces conditions de défaut sont mesurées pour les parties indiquées dans le Tableau 21, après avoir atteint les conditions de régime établi ou après 4 h (si cette durée est plus courte), dans chacune des conditions de défaut a) à e).

Ces températures ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 21, pour les essais b) et c). Elles peuvent les dépasser dans l'essai a).

Après les essais a) à e), les IC-CPD peuvent ne plus satisfaire à l'ensemble de leurs exigences de fonctionnement, mais ils doivent satisfaire aux exigences de protection contre les chocs électriques conformément au 9.4.

Tableau 21 – Températures maximales admises dans les conditions anormales

Parties de l'IC-CPD	Température maximale admise dans les conditions anormales spécifiques °C
Parties accessibles Boutons, poignées, surfaces accessibles, enveloppes si:	
• métalliques	100
• non métalliques ^a	100
	b
Surfaces intérieures des enveloppes en matériau isolant	135
Isolant des cordons d'alimentation et du câblage ^{c, f} :	
• polychlorure de vinyle ou caoutchouc synthétique	135
• caoutchouc naturel	
Autres isolants ^c :	
• matériaux thermoplastiques ^d	e
• papier non imprégné	105
• carton non imprégné	115
• coton, soie, papier et textile imprégnés	125
• stratifiés cellulosiques ou textiles, imprégnés de	
– phénol formaldéhyde, mélamine formaldéhyde, phénol-furfural ou polyester	145
– époxyde	185
• moulage de	
– phénol-formaldéhyde, ou phénol-furfural, mélamine et composés mélamine phénoliques à	165
• charges de cellulose	185
• charges minérales	
– polyester thermodurcissable à charges minérales	185
– alkyde à charges minérales	185
• matériaux composites de:	
– polyester renforcé de fibre de verre	185
– époxyde renforcé de fibre de verre	185
• caoutchouc au silicone	225
Parties en matériaux thermoplastiques ^d assurant la fonction de support ou de barrière mécanique	e
Fils d'enroulement isolés avec ^{c, f} :	
• soie, coton, etc., non imprégnés	110
• soie, coton, etc., imprégnés	135
• matériaux oléorésineux	170
• résines polyvinyle-formaldéhyde ou polyuréthane	185
• résines polyesters	190
• résines polyéthérimides	215

Parties de l'IC-CPD	Température maximale admise dans les conditions anormales spécifiques °C
Tôles de noyaux	Comme pour les enroulements associés
Bornes et parties pouvant entrer en contact avec l'isolation des câbles après l'installation	135
^a Si cette température est supérieure à celle admise pour la classe du matériau isolant considéré, la nature du matériau est le facteur déterminant. ^b Les températures admises pour l'intérieur des enveloppes en matériau isolant sont celles indiquées pour les matériaux isolants correspondants. ^c Dans le présent document, les températures admises ont été déterminées à partir de l'expérience en service acquise sur le plan de la stabilité thermique des matériaux. Les matériaux indiqués sont des exemples. Pour les matériaux pour lesquels des limites de température plus élevées sont annoncées et pour les matériaux autres que ceux indiqués, il convient que les températures maximales ne dépassent pas celles qui ont été reconnues satisfaisantes. ^d Le caoutchouc naturel et les caoutchoucs synthétiques ne sont pas considérés comme des matériaux thermoplastiques. ^e Étant donné qu'il existe une vaste gamme de matériaux thermoplastiques, les températures admises pour ces matériaux ne peuvent pas être spécifiées. Le sujet est à l'étude. ^f La possibilité d'adopter des valeurs pour les fils et câbles isolés au polychlorure de vinyle résistant à la chaleur est à l'étude.	

9.27 Vérifications pour les composants électroniques utilisés dans les IC-CPD

9.27.1 Généralités

Les vérifications suivantes doivent être effectuées 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 en position de fermeture.

9.27.2 Condensateurs

Les condensateurs doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 60384-14:2023.

Le type de condensateur approprié doit être choisi conformément au 3.2 de l'IEC 60384-14:2023.

9.27.3 Résistances et inductances

Les résistances et les inductances dont la mise en court-circuit ou la déconnexion est susceptible de provoquer des résultats non satisfaisants lors des essais du 9.26 doivent satisfaire aux exigences de sécurité applicables de l'IEC 62368-1. Les essais déjà effectués sur les résistances et les inductances conformes à l'IEC 62368-1 ne doivent pas être répétés.