

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Junction boxes for photovoltaic modules – Safety requirements and tests

Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Junction boxes for photovoltaic modules – Safety requirements and tests

Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-1899-0

**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	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	9
4 Constructional requirements and performance	13
4.1 General	13
4.2 Marking and identification	13
4.2.1 Identification	13
4.2.2 Marking	14
4.2.3 Technical documentation	14
4.3 Protection against electric shock	14
4.4 Terminations, connecting devices and connection methods	14
4.5 Connectors	15
4.6 Cable	15
4.7 Resistance to aging	15
4.8 General design	16
4.9 Degree of protection (IP)	16
4.10 Dielectric strength	16
4.11 Range of ambient temperature	16
4.12 Cable anchorage	16
4.13 Mechanical strength	17
4.14 Insulation	17
4.14.1 Type of insulation	17
4.14.2 Basic insulation	17
4.14.3 Supplementary insulation	17
4.14.4 Double insulation	17
4.14.5 Reinforced insulation	18
4.15 Clearances and creepage distances	18
4.15.1 Clearances	18
4.15.2 Creepage distances	18
4.16 Insulation parts	20
4.16.1 Outer accessible parts	20
4.16.2 Inner parts keeping active parts in position	20
4.17 Current carrying parts and resistance against corrosion	20
4.18 Sealing	20
4.19 Bypass-diode	20
4.20 Knock-out inlets (outlets) intended to be removed by mechanical impact	21
5 Tests	21
5.1 General	21
5.2 Preparation of specimens	23
5.3 Performance of tests	24
5.3.1 General	24
5.3.2 Durability of marking	24
5.3.3 Fixing of lid on rewirable junction box	24
5.3.4 Protection against electric shock	25
5.3.5 Measurement of clearances and creepage distances	25

5.3.6	Dielectric strength.....	25
5.3.7	Resistance to corrosion	25
5.3.8	Mechanical strength at lower temperatures.....	25
5.3.9	Thermal cycle test (IEC 60068-2-14:2009, Test Nb).....	26
5.3.10	Damp heat test	26
5.3.11	Weather resistance test	26
5.3.12	Flammability class	27
5.3.13	Ball pressure test.....	27
5.3.14	Glow wire test.....	27
5.3.15	Resistance against ageing.....	27
5.3.16	Wet leakage current test.....	27
5.3.17	Humidity-freeze-test	28
5.3.18	Bypass diode thermal test.....	29
5.3.19	Test of terminations and connection methods	30
5.3.20	Knock-out inlets (outlets) intended to be removed by mechanical impact	30
5.3.21	Test of cord anchorage	31
5.3.22	Retention on the mounting surface	32
5.3.23	Reverse current test at junction box	33
5.4	Test schedule	33
Annex A (informative)	Symbol "Do not disconnect under load"	42
Annex B (normative)	Qualification of conformal coatings for protection against pollution.....	43
B.1	General.....	43
B.2	Technical properties	43
B.3	Qualification of coatings.....	43
Annex C (normative)	Measurement of clearances and creepage distances	46
Bibliography		50
Figure 1	– Thermal cycling test.....	38
Figure 2	– Humidity-freeze cycle.....	39
Figure 3	– Typical arrangement for the cable anchorage pull test.....	39
Figure 4	– Typical arrangement for torsion test	40
Figure 5	– Typical arrangement for flammability test according to 5.3.12.2	40
Figure 6	– Measurement of voltage drop	41
Figure A.1	– Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD"	42
Figure A.2	– Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD" (IEC 60417-6070)	42
Figure B.1	– Test sequence and conformity check	45
Figure C.1	– Examples of methods of measuring clearances and creepage distances.....	49
Table 1	– Required type of insulation	17
Table 2	– Rated impulse voltages and minimum clearances.....	18
Table 3	– Creepage distances for basic insulation	19
Table 4	– Number of specimens.....	22
Table 5	– Values of torque for screw-type clamping units.....	23
Table 6	– Pull forces for cord anchorage.....	32
Table 7	– Values for torsion test	32

Table 8 – Marking, information, documentation, test group A	33
Table 9 – Material test, test group B (single tests)	34
Table 10 – Constructional requirements, test group C (single tests)	35
Table 11 – Mechanical tests, test group D (single tests)	35
Table 12 – Test sequence I, test group E (tests to be performed consecutively in this order).....	36
Table 13 – Test sequence II, test group F (tests to be performed consecutively in this order).....	36
Table 14 – Test sequence III, test group G (tests to be performed consecutively in this order).....	37
Table 15 – Test sequence IV, test group H (tests to be performed consecutively in this order).....	37
Table 16 – Reverse current test, test group I	37
Table 17 – Test sequence V, test group J (tests to be performed consecutively in this order).....	38
Table B.1 – Test parameters, test conditions and test procedures.....	44
Table C.1 – Dimensions of X.....	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**JUNCTION BOXES FOR PHOTOVOLTAIC MODULES –
SAFETY REQUIREMENTS AND TESTS**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62790 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The European Standard EN 50548 (first edition, 2011), has served as a basis for the elaboration of this standard.

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

FDIS	Report on voting
82/876/FDIS	82/902/RVD

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

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

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

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

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

JUNCTION BOXES FOR PHOTOVOLTAIC MODULES – SAFETY REQUIREMENTS AND TESTS

1 Scope

This International Standard describes safety requirements, constructional requirements and tests for junction boxes up to 1 500 V dc for use on photovoltaic modules according to class II of IEC 61140:2001.

This standard applies also to enclosures mounted on PV-modules containing electronic circuits for converting, controlling, monitoring or similar operations. Additional requirements concerning the relevant operations are applied under consideration of the environmental conditions of the PV-modules. This standard does not apply to the electronic circuits of these devices, for which other IEC-standards apply.

NOTE For junction boxes according to classes 0 and III of IEC 61140:2001, in photovoltaic-systems, this standard can be used as a guideline.

2 Normative references

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

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-70, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Xb: Abrasion of markings and letterings caused by rubbing of fingers and hands*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60352-2, *Solderless connections – Part 2: Crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60512-12-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 12-1: Soldering tests – Test 12a: Solderability, wetting, solder bath method*

IEC 60512-12-2, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 12-2: Soldering tests – Test 12b: Solderability, wetting, soldering iron method*

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

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

IEC/TR 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

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

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

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

IEC 60695-11-20:1999, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC/TR 60943, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 60947-7-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60998-2-1, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-1: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screw-type clamping units*

IEC 60998-2-2, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999-1:2000, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

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

IEC 61032, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61730-1, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction*

IEC 61730-2:2004, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing*

IEC 62852, *Connectors for photovoltaic systems – Safety requirements and tests*

ISO 868:2003, *Plastics and ebonite – Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness)*

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

ISO 4892-3:2006, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV lamps*

EN 50618, *Electric cables for photovoltaic systems*

3 Terms and definitions

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

3.1

module junction box

combination of parts, such as boxes, covers, cover-plates, lids, box extensions, accessories, etc., providing after assembly and installation at the photovoltaic module in normal use, an appropriate protection against external influences, and a defined protection against contact with enclosed live parts from any accessible direction

3.1.1

junction box for re-opening

junction box that can be opened at any time

Note 1 to entry: It may contain rewirable and non-rewirable connections.

3.1.1.1

junction box for factory wiring

junction box which is attached and connected to the PV module under controlled conditions, usually at manufacturer's location

3.1.1.2

junction box for field wiring

junction box containing wiring connections that are intended to be made in the field

3.1.2

junction box, not intended to be re-opened

junction box that cannot be opened after mounting in the end application

Note 1 to entry: It may contain rewirable and non-rewirable connections.

3.2

cable gland

device permitting the introduction of one or more electric cables into the junction box so as to maintain the relevant type of protection

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-18, modified – "and/or fibre optics" has been deleted and "an electrical apparatus" has been replaced by "the junction box".]

3.3

sealing

method for providing the ability of a component to resist the ingress of contaminants

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-16]

3.4

spout hub

open entry of a box permitting the insertion and containment of a conduit

3.5

cable anchorage

ability to limit the displacement of a fitted flexible cable against pull and push forces and torques

3.6

connector for photovoltaic-systems

component suitable for use in PV-systems that terminates conductors for the purpose of providing connection to and disconnection from a suitable mating component

3.7

intended use

use of a junction box in accordance with the information for use provided by the manufacturer

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-13, modified – "product, process or service" has been replaced by "junction box" and "supplier" has been replaced by "manufacturer".]

3.8

terminal

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

3.9

clearance

shortest distance in air between two conductive parts

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-12]

3.10

creepage distance

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-50, modified – "a solid" has been replaced by "the".]

3.11

overvoltage category

numeral defining a transient overvoltage condition

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-02]

3.12

pollution

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

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-28]

3.13

pollution degree

numeral characterising the expected pollution of the micro-environment

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-07]

3.14**rated voltage**

value of voltage assigned by the manufacturer to the junction box and to which operation and performance characteristics are referred

Note 1 to entry: Rated voltage is equivalent to the rated system voltage according to IEC 61730-1.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9, modified – "a component, device or equipment" has been replaced by "the junction box" and the note has been replaced by Note 1 to entry.]

3.15**rated insulation voltage**

r.m.s. withstand voltage value assigned by the manufacturer to the junction box, characterising the specified (long term) withstand capability of its insulation

Note 1 to entry: The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated voltage, which is primarily related to functional performance.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.1, modified – "equipment or to a part of it" has been replaced by "junction box".]

3.16**rated impulse voltage**

impulse withstand voltage value assigned by the manufacturer to the junction box, characterising the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, modified – "equipment or to a part of it" has been replaced by "junction box".]

3.17**impulse withstand voltage**

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity that does not cause breakdown of the insulation under specified conditions

Note 1 to entry: The impulse withstand voltage is equal to or higher than the rated impulse voltage.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.1 – Note 1 to entry has been added.]

3.18**r.m.s. withstand voltage**

power-frequency withstand voltage

highest r.m.s. value of a voltage that does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.2]

3.19**Current****3.19.1****rated current**

current value assigned by the manufacturer, which the junction box can carry continuously (without interruption) and simultaneously through all its contacts and bypass-diodes, if applicable, wired with the largest specified conductor, at the highest specified ambient temperature, without the upper limiting temperature being exceeded

3.19.2 **reverse current**

I_{REV}

current value assigned by the manufacturer, which the junction box can carry at the highest specified ambient temperature, without causing a hazardous situation

Note 1 to entry: The reverse current is comparable with the reverse test current of the photovoltaic module (see IEC 61730-2).

3.20 **functional insulation**

insulation between conductive parts that is necessary only for the proper functioning of the equipment

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.1]

3.21 **basic insulation**

insulation applied to live parts to provide basic protection against electric shock

Note 1 to entry: Basic insulation does not necessarily include insulation used exclusively for functional purposes (see IEC 61140:2001, 3.10.1).

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.2, modified – "against electric shock " and Note 1 to entry have been added.]

3.22 **supplementary insulation**

independent insulation applied in addition to basic insulation, in order to provide protection against electric shock in the event of a failure of basic insulation

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.3, modified – "for fault protection" has been replaced by "in order to provide protection against electric shock in the event of a failure of basic insulation".]

3.23 **double insulation**

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.4]

3.24 **reinforced insulation**

single insulation system applied to live parts, which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation under the conditions specified in the relevant IEC standard (IEC 61140:2001, 3.10.4)

Note 1 to entry: A single insulation system does not imply that the insulation must be a homogeneous piece. It may comprise several layers that cannot be tested singly as basic or supplementary insulation.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.5, modified – "insulation of hazardous live parts" has been replaced by "single insulation system applied to live parts" and "under the conditions specified in the relevant IEC standard" and Note 1 to entry have been added.]

3.25 **working voltage**

highest r.m.s. value of the dc voltage across any particular insulation which can occur inside the junction box when the it operates at rated voltage

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.5, modified – "a.c. or" has been removed and "when the equipment is supplied at rated voltage" has been replaced by "which can occur inside the junction box when it operates at rated voltage".]

3.26

comparitive tracking index

CTI

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

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

3.27

accessible part

part which can be touched by means of standard test finger

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

4 Constructional requirements and performance

4.1 General

For junction boxes according to this standard, no values have been specified for electric rated voltage and current. These values shall be declared by the manufacturer.

Junction boxes shall be suitable for durable use outside in an ambient temperature area from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Junction boxes shall be so designed and dimensioned that they can withstand the electrical, mechanical, thermal and corrosive stresses occurring in their intended use and present no danger to the user or the environment.

Compliance with these requirements is verified by specified tests of this International Standard.

4.2 Marking and identification

4.2.1 Identification

Junction boxes shall be identified and characterised by the following:

- a) manufacturer's name, trademark or mark of origin;
- b) type identification;
- c) rated current;
- d) rated voltages or rated insulation voltages;
- e) rated impulse voltage, if specified;
- f) maximum working voltage;
- g) pollution degree;
- h) degree of protection by enclosure according to IEC 60529;
- i) range of temperature; (lowest and upper ambient temperature), if different from this standard;
- j) type of terminals;
- k) connectable conductors;
- l) reference to this standard, if applicable;

- m) symbols "Do not disconnect under load", as given in Annex A, or an adequate warning notice in the particular national language;
- n) polarity of connector, if applicable;
- o) type and number of bypass-diodes, if applicable;
- p) reverse current (I_{REV}).

4.2.2 Marking

The marking shall be indelible and easily legible.

The minimum marking on the junction boxes shall be that of items a), b) and n) in 4.2.1.

If connection of junction box is performed by connectors, the warning notice listed in m) of 4.2.1 shall be on a label or similar on or close to the connector.

If connection of the junction box is performed by a fixed cable that has implemented a connector on its end, the warning notice listed in m) of 4.2.1 shall be on a label or similar on or close to the connector. An instruction where to place the warning notice shall be included in the technical documentation. Markings a) and b) of 4.2.1 shall be found on the smallest unit of packaging.

4.2.3 Technical documentation

Identification items of 4.2.1 not marked on the junction box according to 4.2.2 and the following information shall be given in the technical documentation of the manufacturer:

- a) information on termination regarding the cable and cell connection, if applicable;
- b) information regarding the connector (-system), if applicable;
- c) information regarding mounting (e.g. backsheet material of the module) and mounting material (e.g. sealing material, adhesive), if applicable.

4.3 Protection against electric shock

4.3.1 A junction box shall be so designed that, after mounting, the live parts are not accessible. This requirement shall be fulfilled even if there is any deformation of the housing and/or cover as a result of mechanical and thermal stress, which can occur during normal use; furthermore, the degree of protection of the housing may not be impaired by this possible deformation.

4.3.2 Parts intended to be removed shall only be detachable with the aid of tools. Lids that are attached without screws shall have one or several detectable facilities, e.g. recesses, which enable tools to be deployed in order to remove them. If the lid is removed correctly, the tool shall not come into contact with the active parts.

4.3.3 Parts of junction boxes for field wiring according to 3.1.1.2 shall be prevented to be lost or to become loose.

4.4 Terminations, connecting devices and connection methods

4.4.1 Terminations shall be suitable for the type and range of conductor cross-sectional areas according to the specification of the manufacturer.

Terminations shall be held in such a position that a possible displacement does not result in a reduction of clearances and creepage distances.

Measures needs to be taken to prevent contact stress resulting in contact degradation and possible movement of contacts.

Terminations shall be so designed that the contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with suitable characteristics, unless there is sufficient resiliency in the metallic parts to compensate for any shrinkage or yielding of the insulating material.

Measures shall be taken to prevent connections becoming loose, e.g. by using a washer.

4.4.2 Connecting devices shall meet the following requirements under the conditions according to 5.1.3:

- | | |
|--|--|
| a) crimped connections | according to IEC 60352-2 |
| b) insulation displacement connections | according to IEC 60352-3 (accessible IDC) or IEC 60998-2-3 |
| c) insulation displacement connections | according to IEC 60352-4 (non-accessible IDC) or IEC 60998-2-3 |
| d) press-in connections | according to IEC 60352-5 |
| e) insulation piercing connections | according to IEC 60352-6 or IEC 60998-2-3 |
| f) screwless-type clamping units | according to IEC 60999-1 or IEC 60999-2 or IEC 60352-7 |
| g) screw-type clamping units | according to IEC 60999-1 or IEC 60999-2 |
| h) flat, quick-connect terminations | according to and IEC 61210 |
| i) terminal blocks | IEC 60947-7-1 |
| j) soldered connections | IEC 61191-1 |

Connecting devices shall provide sufficient means to be held in position after connection.

Different terminals or connecting technologies may be used if they fulfil a comparable level of safety as the above-mentioned standards.

Terminations by connectors inside the junction box shall meet the relevant requirements according to IEC 62852.

Soldered connections of cables and cell connectors shall have additional means for retaining the conductor in position.

Welded connections are also permitted.

4.4.3 Compliance is checked by tests according to 5.3.19.

4.5 Connectors

PV-connectors that are part of the junction box and PV-connectors connected via a cable with the junction box shall comply with the requirements of IEC 62852. The values of the rated current and voltage shall be minimum the rated values of the junction box.

4.6 Cable

Cables connected to the junction box shall comply with the requirements of EN 50618. The values of the rated current and the voltage shall be minimum the rated values of the junction box.

4.7 Resistance to aging

Parts, whose breakdown will impair safety, shall be resistant to aging.

4.8 General design

4.8.1 Junction boxes shall be so designed and dimensioned that they provide sufficient protection for cables and terminations against electrical, mechanical and environmental stresses occurring in normal use.

4.8.2 Junction boxes shall be so designed that connection of conductors of the type and cross-sectional areas as specified by the manufacturer shall be possible. Besides the termination of the conductor, precautions shall be taken that no damage of the conductor insulation is possible, e.g. by avoiding sharp edges.

4.8.3 All openings shall be provided with appropriate coverings (lids, blank plugs, etc.), which shall comply with the requirements of 5.3.15. They shall only be able to be removed by the use of a tool.

These requirements are also applicable for knock-outs.

4.8.4 Barriers of polymeric insulating material providing the sole insulation between a live part and an accessible metal part or between non-insulated live parts not of the same electrical potential shall be of adequate thickness and of a material appropriate for the application. The barrier shall only be able to be removed by the use of a tool.

4.8.5 Junction boxes for re-opening according to 3.1.1 with rewirable connections shall be designed such that

- a) precautions are taken that the conductor is protected against shear and tensile stress at the termination and is secured in a manner so as to prevent twisting,
- b) the junction box is able to accept suitable cables for use in photovoltaic systems as specified by the manufacturer (see 4.2.3),
- c) there is sufficient volume for connecting the conductor.

4.9 Degree of protection (IP)

A junction box shall have at least a degree of protection of IP55, category 1 according to IEC 60529.

4.10 Dielectric strength

A junction box shall withstand the impulse withstand voltage test and the voltage proof test depending on its rated voltage according to 5.3.6.

4.11 Range of ambient temperature

Junction boxes shall withstand the upper and lower values of temperature range as given in 4.1 or as specified by the manufacturer, if lower than the minimum value or higher than the maximum value as defined in 4.1.

4.12 Cable anchorage

The cable anchorage shall be suitable for the cable to be connected. The manufacturer shall specify the range of acceptable cable diameters.

Loose parts inserted to obtain clamping of the cable are permissible if they are fixed in the junction box in the assembled state.

The cable anchorage can be made of insulating material or metal. If it consists of metal, it shall meet one of the following requirements:

- a) be provided with a covering of insulating material to prevent any accessible metal part becoming live in case of a fault;
- b) no contact shall be possible with the test finger according to IEC 60529.

Compliance is checked by the test in 5.3.21.

4.13 Mechanical strength

4.13.1 A junction box shall show no damage likely to impair safety after exposure to mechanical stress according to the test program.

4.13.2 In a junction box assembled for final use, the contacts shall be securely retained in the contact insert.

4.13.3 After exposure to the stresses according to the test schedule, the internal insulation shall show no damage that could impair normal use.

4.14 Insulation

4.14.1 Type of insulation

Depending on the class according to IEC 61140 and the intended use of the junction box the type of insulation shall be chosen from Table 1.

Table 1 – Required type of insulation

Class (IEC 61140)	Insulation between live parts and accessible surfaces	Insulation between connecting devices for junction boxes acc. to 3.1.1 ^a	Insulation between live parts of different polarity of the same circuit
Class 0	B	R	B
Class II	R	R	B
Class III		R	B
B basic insulation R reinforced insulation or double insulation ^a This column only describes protection against arc flash			

4.14.2 Basic insulation

Basic insulation shall be such that it withstands the voltage tests of 5.3.6 and that it meets the requirements for creepage distances and clearances according to 4.15.

4.14.3 Supplementary insulation

For supplementary insulation, the same requirements shall apply as for basic insulation.

4.14.4 Double insulation

Double insulation shall be so designed that the breakdown of one part (basic or supplementary insulation) does not impair the protective function of the other part. It shall not be possible to remove the supplementary insulation without using a tool.

For double insulation, where basic and supplementary insulation cannot be tested separately, the insulation system shall be considered as reinforced insulation.

4.14.5 Reinforced insulation

Reinforced insulation shall be such that it withstands the voltage tests of 5.3.6, clearances for reinforced insulation shall be selected from Table 2.

The creepage distances shall be twice the value for basic insulation according to Table 3.

4.15 Clearances and creepage distances

4.15.1 Clearances

Clearances between live parts and accessible surfaces shall be dimensioned according to table 2 depending on the rated voltage.

All other clearances within the junction box shall meet the requirements of basic insulation according to Table 2 depending on the working voltage.

Table 2 – Rated impulse voltages and minimum clearances

Rated or working DC voltage V	Basic insulation		Reinforced insulation	
	Rated impulse voltage kV (1,2/50 μ s)	Clearance mm	Rated impulse voltage kV (1,2/50 μ s)	Clearance mm
100	1,5	0,5	2,5	1,5
150	2,5	1,5	4,0	3,0
300	4,0	3,0	6,0	5,5
600	6,0	5,5	8,0	8,0
1 000	8,0	8,0	12	14
1 500	10	11	16	19
Minimum values for pollution degree 2 is 0,2 mm and for pollution degree 3 is 0,8 mm.				
NOTE Values are derived from IEC 60664 for overvoltage category III and for altitude up to 2000 m.				

4.15.2 Creepage distances

4.15.2.1 General

Creepage distances between live parts and accessible surfaces shall be dimensioned for reinforced or double insulation according to Table 3 related to the rated voltage considering the pollution degree as specified in 4.14.3.2.

Rewirable junction boxes shall meet the requirements of reinforced or double insulation according to Table 3 between clamping units for the termination of the connecting cables in relation to the rated voltage of junction box.

All other creepage distances within the junction box shall meet the requirements of basic insulation according to Table 3 in relation to the maximum working voltage as specified by the manufacturer.

Table 3 – Creepage distances for basic insulation

Voltage (DC) V ₂	Pollution degree 1	Pollution degree 2			Pollution degree 3		
	All material groups	Material group I	Material group II	Material group III	Material group I	Material group II	Material group III
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25	0,125	0,5	0,5	0,5	1,3	1,3	1,3
50	0,18	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9
100	0,25	0,7	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
150	0,31	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5
200	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2
300	0,70	1,5	2,1	3,0	3,8	4,2	4,7
600	1,7	3,0	4,3	6,0	7,6	8,6	9,5
1 000	3,2	5,0	7,1	10	13	14	16
1 500	5,2	7,5	10	15	19	21	24
Linear interpolation is allowed.							
Values for reinforced or double insulation are twice the values for basic insulation.							

The sufficient insulation of the adhesive area between module and junction box is checked by tests of test groups E, F and G of 5.4.

4.15.2.2 Pollution degree

Creepage distances and clearances between hazardous live parts and accessible surfaces outside the enclosure shall be dimensioned according to pollution degree 3. Distances inside the enclosure shall be dimensioned for pollution degree 2, pollution degree 1 may be applied if relevant requirements of Annex B are fulfilled.

In case potting material is used the test of Annex B shall be performed on the junction box together with the associated module.

4.15.2.3 Comparative tracking index (CTI)

Insulation materials are classified into four groups corresponding to their comparative tracking index (CTI), when tested in accordance with IEC 60112:

Material Group I	$CTI \geq 600$
Material Group II	$400 \leq CTI < 600$
Material Group IIIa	$175 \leq CTI < 400$
Material Group IIIb	$100 \leq CTI < 175$

A material is included in one of these four groups on the basis that the PTI, verified by the method of IEC 60112 using solution A, is not less than the lower value specified for the group.

The values specified for the groups are reference values and based on the test voltage of IEC 60112.

NOTE The CTI-value is not in relation to a system or working voltage of a PV module or system.

The test for comparative tracking index (CTI) in accordance with IEC 60112 is designed to compare the performance of various insulating materials under test conditions. It gives a qualitative comparison and in the case of insulating materials having a tendency to form tracks, it also gives a quantitative comparison.

4.16 Insulation parts

4.16.1 Outer accessible parts

Outer accessible parts consisting of insulating material whose deterioration could impair the safety of the junction box shall meet following requirements:

- a) flammability class minimum V-1 according to IEC 60695-11-10. This shall be proved by a data sheet of the material supplier or a test on the end-product or prepared test plates. See 5.3.12.1;

If the wall thickness is less than 3,0 mm then flammability class 5-V according to IEC 60695-11-20 shall be fulfilled on the end product. See 5.3.12.2;

- b) weather resistance, checked by test according to 5.3.11 followed by glow wire test of 5.3.14 a);
- c) temperature resistance according to 5.3.13 a) shall be fulfilled.

4.16.2 Inner parts keeping active parts in position

Inner parts consisting of insulating material keeping active parts in position shall meet the following requirements:

- a) flammability class minimum HB according to IEC 60695-11-10. This shall be proved by a data sheet of the material supplier or a test on the end-product or prepared test plates. See 5.3.12.1;
- b) test according to 5.3.14 b) shall be fulfilled;
- c) temperature resistance according to 5.3.13 b) shall be fulfilled.

The requirements of this section apply also for potting material which keeps active parts in position.

4.17 Current carrying parts and resistance against corrosion

4.17.1 Metal parts shall be so designed that corrosion shall not impair safety with regard to electrical and mechanical characteristics.

All current carrying parts shall consist of metal, such that under normal operation a sufficient mechanical strength, electrical conductivity and corrosion resistance are given.

4.17.2 Under wet ambient conditions, no metal parts having a difference of their electrochemical potentials more than 350 mV according to IEC/TR 60943 shall be in contact with each other.

4.18 Sealing

Gaskets and seals shall not deteriorate after accelerated ageing of 5.3.15.

4.19 Bypass-diode

The bypass-diode and heat dissipation applied to limit the detrimental effects of module hot-spot susceptibility shall be sufficient for the module.

Bypass diodes in parallel are permitted in case that one of both diodes is able to carry the rated current of junction box without exceeding the maximum junction temperature. If bypass diodes are operated in parallel they shall be thermally coupled.

4.20 Knock-out inlets (outlets) intended to be removed by mechanical impact

It shall be possible to remove knock-out inlets (outlets) intended to be removed by mechanical impact without damaging the box.

For knock-out inlets (outlets) for cables, chips or burrs are not accepted.

For knock-out inlets (outlets) for conduits and/or for use with a grommet or a membrane, chips and burrs are disregarded.

5 Tests

5.1 General

5.1.1 The test program consists both of safety tests and of qualification tests as specified by standards for components and for PV-modules and -systems.

5.1.2 The tests shall be carried out in the sequence specified for each test group using the number of specimens as given in Table 4. For each test group, a separate set of new specimens shall be used.

Table 4 – Number of specimens

Test	Description of specimen	Number
Group A	Separate specimen, provided with all markings and components.	1
Group B	Separate specimen, provided with all markings and components.	3
B3	Test plates of polymer materials serving as an enclosure and of polymers serving as support for live metal parts, each.	1
B6	Additional test plate of potting material, if applicable.	1
B10	Specimen mounted on back-sheet material, potted (if applicable).	1 ^d
Group C	Separate specimen, provided with all markings and components.	1
Group D	Separate specimen, provided with all markings and components.	5
Group E	Specimen mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). Cell connections bent and connected as described in 5.2.5. Intended cable shall be connected.	1 ^a
Group F	Specimen mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). Cell connections bent and connected as described in 5.2.5. Intended cable shall be connected.	1 ^a
Group G	Specimen mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). Cell connections bent and connected as described in 5.2.5. Intended cable shall be connected.	1 ^a
H1	Specimen mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). Cell connections bent and connected as described in 5.2.5. Intended cable shall be connected.	1 ^{a b c}
I1	Specimens prepared according to 5.2.6.	1 ^{a b c}
Group J	Specimen mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). Cell connections bent and connected as described in 5.2.5. Intended cable shall be connected.	1 ^a
^a If the junction box is intended to be mounted on several back-sheet materials and/or fixed with several adhesives and/or potted with several potting materials, the tests shall be performed at all possible combinations with the relevant number of specimens. ^b If the junction box is intended to be used with several types and/or combinations of bypass-diodes and/or several rated currents of junction box, the tests shall be performed at all possible configurations with relevant number of specimens. ^c Is the junction box intended to be potted such that the bypass-diodes are not accessible, the thermocouples shall be fixed before potting upon consultation with the testing body. ^d Is the junction box intended to be potted such that the bypass-diodes are not accessible, the thermocouples shall be fixed before.		

5.1.3 Tests shall be made under the standard atmospheric conditions of IEC 60068-1, unless otherwise specified in the test schedule.

5.1.4 The tests on the terminations shall be made on three terminations per specimen, if available.

5.1.5 The specimen is deemed not to comply with this standard if the specimen fails in more than one of the tests of any test group. If the specimen fails in one of the tests, this test and the preceding tests that may have affected the result shall be repeated on a new specimen, which shall then pass all of the repeated tests.

5.1.6 All visual examination tests should be performed with the naked eye, unless otherwise specified.

5.2 Preparation of specimens

5.2.1 Specimens shall be pre-conditioned under standard conditions according to IEC 60068-1 before testing for a period of 24 h at $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

5.2.2 The tests shall be carried out with copper conductors unless otherwise specified by the manufacturer and with the type of conductor specified for the junction box. If terminations are provided for all types of conductors (solid, stranded and flexible), the tests shall be carried out with conductors representing the worst case.

5.2.3 For the cell-connections, conductors as specified from the manufacturer shall be connected so as to represent the worst case. For some tests, it is necessary to have cell connections electrically connected.

5.2.4 Screw-type clamping units shall be tightened with the value of the torque stipulated in Table 5 according to IEC 60999-1 unless otherwise specified by the manufacturer.

Table 5 – Values of torque for screw-type clamping units

Nominal diameter of thread mm	Values of torque for metallic and non-metallic screws			
	I Nm	II Nm	III Nm	IV Nm
$\leq 2,8$	0,2	0,4	0,4	0,7
$> 2,8$ up to 3,0	0,25	0,5	0,5	0,9
$> 3,0$ up to 3,2	0,3	0,6	0,6	1,1
$> 3,2$ up to 3,6	0,4	0,8	0,8	1,4
$> 3,6$ up to 4,1	0,7	1,2	1,2	1,8
$> 4,1$ up to 4,7	0,8	1,8	1,8	2,3
$> 4,7$ up to 5,3	0,8	2,0	2,0	4,0
$> 5,3$ up to 6,0	1,2	2,5	3,0	4,4
$> 6,0$ up to 8,0	2,5	3,5	6,0	4,7
$> 8,0$	3,0 ^a	4,0	10,0	5,0
^a Or to be specified by the manufacturer.				
Column I	applies to screws without heads, if the screw, when tightened, does not protrude from the screw hole and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.			
Column II	applies to nuts of mantle clamping units tightened by means of a screwdriver.			
Column III	applies to screws and nuts, other than nuts of mantle clamping units, tightened by means other than a screwdriver			
Column IV	applies to screws tightened by means of a cross-slotted screwdriver.			

5.2.5 Unless otherwise specified in the test schedule, all tests shall be made on the specimen completely assembled according to the instructions of the manufacturer.

A sufficient number of specimens shall be glued on a mounting surface as in normal use. The mounting surface shall consist of the same material as the back-sheet material of the module on which the box is intended to be fixed. If the box is intended to be fixed with several adhesives on several back-sheet materials, a sufficient number of specimens for each material shall be tested. The tests shall be carried out with the maximum specified number of bypass diodes in arrangement covering the worst-case condition.

The cell-connections shall be bent down and fixed such that they have a conductive connection to mounting surface. For some tests, it is necessary to have cell connections electrically connected.

5.2.6 For the reverse current test, the specimens shall be mounted on relevant back-sheet material with relevant adhesive, potted (if applicable). The terminals of the cell connections shall be short-circuited with conductors of the maximum cross-section as specified by the manufacturer. The intended cable shall be connected; blocking diodes shall be short-circuited.

5.3 Performance of tests

5.3.1 General

In accordance with the test schedule given in 5.4, the general test methods specified in Tables 8 to 15 shall be applied.

5.3.2 Durability of marking

The test of the durability of marking shall be done as a wet test according to test Xb (abrasion of marking) of IEC 60068-2-70. For the test piston, size 1 shall be used and the test liquid shall be water. A force of 5 N shall be applied for a duration of 10 cycles.

After test, the marking shall still be legible.

This test shall also be carried out at an additional sticker (if applicable) with the warning notice listed under m) of 4.2.1, if applicable.

The test shall not be carried out on imprinted markings.

5.3.3 Fixing of lid on rewirable junction box

5.3.3.1 General

Tests according to 5.3.3.2 and 5.3.3.3 shall be performed on specimen that has already passed test sequences of test groups E and F.

5.3.3.2 Screw-fixed lid

Screws intended to fix the lid shall be tightened and loosened:

- 10 times for a metal screw entering threaded insulating material;
- 5 times for other screws.

Screws and nuts entering threaded insulating material and screws made of insulating material are to be removed and reinserted completely each time. The test shall be performed using a suitable screwdriver or an appropriate tool applying a torque as indicated in Table 5. Greater values of torque may be used if specified by the manufacturer.

During the test, there shall be no damage, such as breakage of screw, damage of the slot of the head (which makes further use of the appropriate screwdriver impossible) or damage of the threads or to the enclosure impairing the further use of the fixing means. The screws shall be tightened in a smooth manner.

5.3.3.3 Screwless fixing of lid

Enclosures shall be tested with the test probe 11 according to IEC 61032 applied with a force of 75 N for one minute to all areas where this could cause a loosening of the lid. During the test, the lid shall not come off.

However, the lid shall detach without any damage when using a suitable tool as described in the specification of the manufacturer.

5.3.4 Protection against electric shock

5.3.4.1 The junction box shall be tested by the test probe 11 according to IEC 61032 using a test force of 20 N. For the test, all covers and housing parts that are detachable without a tool shall be removed. It shall not be possible to access live parts.

5.3.4.2 The relevant tests to verify the specified IP-Code according to IEC 60529 shall be performed on the specimen according to 5.2.5 with attached cables and/or mated plugs and attached cell-connections. Gaskets shall be aged according to 5.3.15.

5.3.5 Measurement of clearances and creepage distances

Clearances and creepage distances shall be measured according to IEC 60664-1.

5.3.6 Dielectric strength

For verification of the insulation, the following tests are applicable:

a) impulse withstand test:

the impulse withstand test shall be carried out with a voltage having a 1,2/50 μ s waveform according to IEC 60060-1 with three impulses of each polarity and an interval of at least 1 s between pulses. The output impedance of the impulse generator shall not be higher than 500 Ω . The test voltage shall comply with the rated impulse voltage taking into account the requirements of IEC 60664-1.

b) r.m.s. withstand voltage test:

the voltage proof test shall be performed by applying an r.m.s. withstand voltage (50/60 Hz) with an r.m.s. value of 1 000 V plus 2 times rated voltage for basic insulation, and twice this value for double or reinforced insulation. The test duration shall be 1 min.

The test voltage for both a) and b) has to be applied between the short circuited output terminals and a metal foil which is wrapped around the specimen after relevant conditioning

5.3.7 Resistance to corrosion

Metal parts of boxes and enclosures shall be adequately protected against corrosion.

Compliance is checked by the following test.

All grease shall be removed from the parts to be tested, by immersion in a degreasing agent for (10 ± 1) min. The parts are then immersed for (10 ± 1) min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of (20 ± 5) °C.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are then placed for (10 ± 1) min in a box containing air with a relative humidity of 91 % to 95 % at a temperature of (20 ± 5) °C.

After the parts have been dried for (10 ± 1) min in a heating cabinet at a temperature of (100 ± 5) °C, their surface shall show no sign of corrosion.

NOTE Traces of corrosion on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

5.3.8 Mechanical strength at lower temperatures

Before the tests, the specimens are stored for 5 h at a temperature of -40 °C on a 20 mm thick steel plate. The tests are carried out immediately after the end of the storage duration in the cold chamber.

The test shall be carried according to the following procedure.

Four impacts on the specimen having an energy of 1 J per impact with an appropriate impact test apparatus according to IEC 60068-2-75 shall be carried out at four uniformly distributed positions on the circumference.

The test is passed successfully if no damage that may impair the function of the junction box is evident. Creepage distances and clearances as well as solid insulation shall not be impaired.

5.3.9 Thermal cycle test (IEC 60068-2-14:2009, Test Nb)

5.3.9.1 The specimens shall be prepared according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections.

Before performance of thermal cycle the initial contact resistance has to be measured as described in 5.3.19. After the environmental and subsequent dielectric strength tests of test sequence E the measurement has to be repeated.

The test shall be carried out in climatic chamber. A thermal cycle according to Figure 1 shall be applied. For the number of cycles refer to 5.3.9.2 and 5.3.9.3.

The transfer time between upper and lower temperature shall not exceed 100 °C/h. The upper and lower temperature shall be held for a minimum of 10 min after thermal equilibrium of the specimen is reached.

During thermal cycle test the rated current shall be applied such that it is conducted via each termination as described in 5.3.19.

5.3.9.2 The number of cycles for test sequence E is 200.

5.3.9.3 The number of cycles for test sequence G is 50.

5.3.10 Damp heat test

The specimens shall be prepared according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections.

The test plate with mounted junction box has to be carried into the climatic chamber and a weight of 5 N has to be applied vertically during the test.

The test shall be carried out according to IEC 60068-2-78 with the following test conditions:

- test temperature: maximum working temperature, minimum $(+ 85 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- relative humidity: $(+ 85 \pm 5) \%$;
- test duration: 1 000 h.

5.3.11 Weather resistance test

The weather resistance test shall be performed at relevant specimens and at the sticker according to the requirements of ISO 4892-2 or ISO 4892-3 under the following conditions:

- spectral irradiance: minimum 60 W/m²;
- bandpass: 300 nm to 400 nm;
- Black Standard Temperature (BST): 65 °C;
- relative humidity: 65 %;

- cycles: 18 min spraying, 102 min drying with Xenon lamp or equivalent lamp;
- duration: 500 h.

5.3.12 Flammability class

5.3.12.1 The test shall be performed according to the flammability class V-1 of IEC 60695-11-10 for outer accessible parts and flammability class HB of IEC 60695-11-10 for inner parts on adequate sample of material.

5.3.12.2 The test shall be performed according to the flammability class 5V of IEC 60695-11-20 on the end-product.

The mounted and closed junction box has to be installed in a position as shown in figure 5. The flame has to be applied at all outer locations where in areas (e.g. where a terminal is mounted inside the box) an arcing might cause an ignition.

The result is assessed according to flammability class 5VB.

5.3.13 Ball pressure test

The test shall be performed in a heating cabinet according to IEC 60695-10-2 at one of the following temperatures

- a) $(90 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for outer materials providing protection against electric shock,
- b) $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for materials serving as a support for live metal parts.

5.3.14 Glow wire test

The glow wire test shall be performed according to IEC 60695-2-11. The test temperature is

- a) $650 ^\circ\text{C}$ for outer materials providing protection against electric shock,
- b) $750 ^\circ\text{C}$ for materials necessary to retain current carrying parts in position and for potting material, if applicable.

5.3.15 Resistance against ageing

Gaskets (e.g. separate polymer seals) shall be separated from the junction box or lid and shall be stored in a heating cabinet for 240 h at $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$ and subsequently cooled for 16 h at ambient temperature.

Gaskets that are not intended to be separated from the junction box or the lid shall be tested with the junction box or the lid.

After restoring the gasket to the lid or junction box the lid must be closed and opened 10 times

Compliance shall be checked by verifying the IP-code according to IEC 60529.

5.3.16 Wet leakage current test

5.3.16.1 General

The specimens shall be prepared according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections.

5.3.16.2 Test equipment

- a) A basin or tank of sufficient size to accept the specimen, which shall be placed in the water/wetting agent solution in a flat, horizontal position.
- b) The basin or tank shall contain water/wetting agent solution meeting the following requirements:
 - resistivity: 3 500 Ω cm or less;
 - temperature: (22 ± 2) °C.The depth of the solution shall be sufficient to cover all surfaces between mounting surface and box.
- c) Spray equipment containing the same solution.
- d) DC voltage source, with current limitation, capable of applying 500 V or the maximum rated voltage as specified by the manufacturer, whichever is greater.
- e) Measurement device to measure insulation resistance.

5.3.16.3 Procedure

All connections shall be representative of the recommended wiring installation and precautions shall be taken to ensure that leakage currents do not originate from wiring of the measurement device.

- a) Immerse the specimen in the tank of the required solution to a depth sufficient to cover all surfaces between mounting surface and box. The cable entries and connectors shall be thoroughly sprayed with solution, if applicable.
- b) Connect the short-circuited output terminals of the test specimen to the positive terminal of the test equipment. Connect the liquid test solution to the negative terminal of the test equipment using a suitable metallic conductor.
- c) Increase the voltage applied by the test equipment at a rate not to exceed 500 V s⁻¹ to 500 V or to the maximum rated voltage as specified by the manufacturer, whichever is greater. Then determine the insulation resistance.
- d) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the test equipment to discharge the voltage build-up in the test setup.

5.3.17 Humidity-freeze-test

5.3.17.1 General

The specimens shall be prepared according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections.

5.3.17.2 Apparatus

- a) A climatic chamber with automatic temperature and humidity control, capable of subjecting one or more specimens to the humidity-freeze cycle specified in Figure 2.
- b) Means for mounting or supporting the specimen in the chamber, so as to allow free circulation of the surrounding air. The thermal conduction of the mount or support shall be low, so that, for practical purposes, the specimen is thermally isolated.

5.3.17.3 Procedure

- a) Attach a suitable temperature sensor to the front or back surface of the specimen(s) near the middle.
- b) Install the specimen(s) in the climatic chamber at room temperature.
- c) After closing the chamber, subject the specimen(s) to 10 complete cycles in accordance with the profile according to Figure 2. The maximum and minimum temperatures shall be within ± 2 °C of the specified levels and the relative humidity shall be maintained within ± 5 % of the specified value for all temperatures above room temperature.
- d) Throughout the test, record the specimen temperature.

- e) Then the specimen(s) are stored for a recovery time between 2 h and 4 h at room temperature.

5.3.17.4 Final measurements

A visual check and the r.m.s. withstand voltage test according to 5.3.6 b) shall be performed. For performing the withstand voltage test, wrap a conductive foil around the edges of specimen(s).

5.3.18 Bypass diode thermal test

5.3.18.1 General

The specimens shall be prepared according to 5.2.5.

5.3.18.2 Apparatus

- Means for heating the ambient temperature in the specimen to $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Means for measuring and recording the temperature of the specimen(s) to an accuracy of $\pm 1 ^\circ\text{C}$.
- Means for measuring the temperature of any bypass diodes provided with the junction box and for measuring the temperature of the insulating material. Care should be taken to minimize any alteration of the properties of the diode or its heat transfer path.
- Means for applying a current equal to 1.25 times the rated current of the junction box under test and means for monitoring the flow of current through the specimen throughout the test.

5.3.18.3 Procedure

- Operation of diodes in the direction of current flow.
- Connect wires of the manufacturer's minimum recommended wire gauge to the output terminals of the junction box.

NOTE Some boxes have overlapping bypass diode circuits. In this case, it may be necessary to install a jumper cable to ensure that all of the current is flowing through one bypass diode.

- Heat the specimen such that the ambient temperature inside the enclosure is $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Apply a current to the specimen equal to the rated current $\pm 2\%$ of the junction box. After 1 h, measure the temperature of each bypass diode and of the insulating material, where the highest temperature is expected. By using the information provided by the diode manufacturer, calculate the junction temperature from the measured case or lead temperature and the power dissipated in the diode. Use the following relevant formula:

$$T_j = T_{\text{case}} + R_{\text{THjc}} \times U_D \times I_D, \text{ or}$$

$$T_j = T_{\text{lead}} + R_{\text{THjl}} \times U_D \times I_D$$

where

- T_j is the diode junction temperature;
- T_{case} is the measured diode case temperature;
- T_{lead} is the measured diode lead temperature;
- R_{THjc} is the manufacturer's value relating junction temperature to case temperature;
- R_{THjl} is the manufacturer's value relating junction temperature to lead temperature;
- U_D is the diode voltage;
- I_D is the diode current.

If the manufacturer of diode has specified another R_{TH} as R_{THjc} this value is to be inserted in the formula and the thermal sensor shall be fixed at specified position. The diode junction temperature shall not exceed the diode manufacturer's maximum junction temperature rating.

d) Increase the applied current to 1,25 times of the rated current of the junction box while maintaining the ambient temperature inside the specimen at $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Maintain the current flow for 1 h. After that the diode shall be still operational and there shall be no evidence of major visual defects like:

- current carrying parts are not kept in position,
- deformation of insulation parts serving as protection against electric shock,
- other deformation of insulation parts which could impair safety or function of the junction box.

5.3.19 Test of terminations and connection methods

All terminations and connection methods shall be tested according to their relevant IEC-standards as listed in 4.4.

Contact resistance has to be measured for all terminations and connection methods for external cables and ribbons before and after environmental and subsequent dielectric strength tests of test sequence E.

The contact resistance shall be measured between external cable and connected ribbon as shown in Figure 6 by application of a dc current of 1 A. The voltage drop has to be measured and the contact resistance has to be calculated. These determined values have to be listed as reference resistance and shall not exceed 5 m Ω . After accomplishment of thermal cycles and subsequent dielectric strength tests the measurement of contact resistance shall be repeated as described above. The determined values shall not exceed 150 % of the reference resistance.

Internal connectors shall meet the relevant tests of IEC 62852. The number of cycles in the thermal cycle (shock) test of IEC 62852 shall be 800.

5.3.20 Knock-out inlets (outlets) intended to be removed by mechanical impact

5.3.20.1 Knock-out retention

5.3.20.1.1 Procedure

For boxes and enclosures having knock-outs accessible after installation, a force of $(45 \pm 1) \text{ N}$ shall be applied to a knock-out for $(15 \pm 1) \text{ s}$ by means of a 6 mm diameter mandrel with a flat end. The force is to be applied without a blow in a direction perpendicular to the plane of the knock-out and at a point most likely to cause movement.

5.3.20.1.2 Requirement

The knock-out shall remain in place and the degree of protection of the enclosure shall be unchanged when measured 1 h after the force has been removed.

5.3.20.2 Knock-out removal

5.3.20.2.1 Procedure

The knock-outs shall be removed by means of a tool, as stated by the manufacturer. The side edge of a screwdriver may be run along the edge of the knock-out opening once to remove any fragile tabs remaining along the edge.

The test is repeated with one box or enclosure that has been conditioned for $5 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ in air maintained at the temperature $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Immediately following this conditioning, the knock-out is to be removed as above. For a box and an enclosure employing multi-stage knock-outs, there shall be no displacement of a larger stage when a smaller stage is removed.

5.3.20.2.2 Requirement

After the test, there shall be no sharp edges except for knock-out inlets (outlets) for conduits and/or for use with a grommet or a membrane. The box and enclosure shall not be damaged.

5.3.21 Test of cord anchorage

5.3.21.1 Junction boxes intended to be used with cables specified by the manufacturer

For junction boxes intended to be used with by the manufacturer specified cables, the tests shall be performed with cables as stated by the manufacturer.

The unloaded cable shall be marked so that any displacement relative to the gland can be easily detected.

The cable is pulled for duration of 1 s, 50 times, without jerks in the direction of the axis with the relevant force as specified in Table 6.

At the end of this period, the displacement shall not exceed 2 mm. This measurement shall be carried out after unloading the force from the cable.

Afterwards the specimen shall be mounted in the test apparatus for torque test.

The unloaded cable shall be marked so that any torsion relative to the gland can be easily detected, and then a torque as specified in Table 7 shall be applied for 1 min.

During test, the torsion shall not exceed 45°.

5.3.21.2 Junction boxes intended to be used with generic cables

A test mandrel equivalent to the minimum value of the anchorage range of the cable gland as specified by the manufacturer or supplier, with a sheath thickness as specified in Table 6 shall be fixed to the sample.

The unloaded test mandrel shall be marked so that any displacement relative to the gland can be easily detected.

The test mandrel shall be pulled for duration of 1 s, 50 times, without jerks in the direction of the axis with the relevant force as specified in Table 6.

At the end of this period, the displacement shall not exceed 2 mm. This measurement is to be carried out after unloading the force from the test mandrel.

Unless otherwise specified, test mandrels shall consist of a metallic rod with an elastomeric sheath having a hardness of 70 Shore D $\pm$ 10 points in accordance with ISO 868 and a sheath thickness as specified in Table 6 or Table 7. The complete test mandrel shall have a tolerance of $\pm$ 0,2 mm for mandrels up to and including 16 mm diameter and $\pm$ 0,3 mm for mandrels larger than 16 mm diameter. The shape shall be circular or a profile simulating the outer dimension of the cable as specified by the manufacturer or supplier.

Table 6 – Pull forces for cord anchorage

Cable diameter mm	Pull force N	Minimum sheath thickness of test mandrel mm
Up to 4	–	1 ^a
> 4 to 8	30	1
> 8 to 11	42	2
> 11 to 16	55	2
> 16 to 23	70	2
> 23 to 31	80	2
> 31 to 43	90	2
> 43 to 55	100	2
> 55	115	2

^a For cable diameters up to 4 mm, a suitable non-metallic mandrel may be used.

NOTE 1 A typical arrangement for pull test is shown in Figure 3.

Afterwards the specimen shall be mounted in the test apparatus for torque test.

The unloaded cable shall be marked so that any torsion relative to the gland can be easily detected, and then a torque specified in Table 7 is applied for 1 min.

During test, the torsion shall not exceed 45°.

The torsion test shall be performed by using a test mandrel equivalent to the maximum value of the anchorage range of the cable gland as specified by the manufacturer or supplier, with a torque for the appropriate maximum cable diameter as specified in Table 7.

NOTE 2 A typical arrangement for torsion test is shown in Figure 4.

Table 7 – Values for torsion test

Cable diameter mm	Torque Nm	Minimum sheath thickness of test mandrel mm
> 4 to 8	0,10	1
> 8 to 11	0,15	2
> 11 to 16	0,35	2
> 16 to 23	0,60	2
> 23 to 31	0,80	2
> 31 to 43	0,90	2
> 43 to 55	1,00	2
> 55	1,20	2

5.3.22 Retention on the mounting surface

5.3.22.1 Tests according to 5.3.22.2 and 5.3.22.3 shall be performed on a specimen that has passed the test sequences of test groups E and F. During the test, there shall be no displacement of the junction box at the mounting surface that would impair the isolating characteristics.

The test shall be performed under consideration of the requirements of 5.2.5.

5.3.22.2 A force of 40 N shall be gradually increased and applied for 30 min in each direction in steps of 90° parallel to the mounting surface.

5.3.22.3 A force of 40 N shall be gradually increased and applied for 30 min without jerks, in a direction perpendicular to the mounting surface.

The pull force should be applied at the centre point of the box.

5.3.23 Reverse current test at junction box

5.3.23.1 Apparatus

- Means for heating the specimen to the upper rated ambient temperature.
- Means for applying a current equal to the reverse current of the junction box under test.
- Cheesecloth according to IEC 60695 series.

5.3.23.2 Procedure

- All blocking diodes shall be short-circuited.
- Connect cables of the manufacturer's minimum recommended cross section to the output terminals of the junction box.
- The specimen shall be placed with its back on a pineboard in a horizontal position, covered by a single layer of cheesecloth. A single layer of cheesecloth is laid on the surface of the junction box so that the outer surface of the junction box is completely covered.
- Heat the specimen to the upper rated ambient temperature. Apply a current to the specimen equal to the reverse current $\pm 2\%$ of the junction box for 2 h.

5.4 Test schedule

Table 8 – Marking, information, documentation, test group A

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
A1	Marking	4.2.2	Label, sticker (or similar) with warning notice	Visual examination	Marking according to 4.2.2
A2	Technical documentation	4.2.3	Mounting instruction, warning notice, manual or similar	Visual examination	Information according to 4.2.3 and additional information
A3	Approval of attached components		Approval by data sheets or certificates for cable, connectors, cable glands, etc.	Visual examination	4.4, 4.5, 4.6 Components shall comply with the relevant standards.

Table 9 – Material test, test group B (single tests)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
B1	Durability of marking	5.3.2	Label, sticker (or similar) with warning notice	Wet test	Marking easily legible
B2	Resistance to corrosion	5.3.7	Metal parts	Chemical test	No sign of corrosion on surface
B3	Flammability class	5.3.12.1	Sample of polymers serving as an enclosure and for polymers serving as a support for live metal parts	Flammability test or approval of manufacturer of material	Requirements according to V-1 of IEC 60695-11-10
B4	Weather resistance test	5.3.11	Polymers serving as an enclosure	Weather resistance test according to ISO 4892 standards	No cracks, proceed with test of B5 Marking still legible
B5	Glow wire test	5.3.14 a)	Specimen from B4	Glow wire test with 650 °C	No ignition of material or support, or self extinguishing within 30 s
B6	Glow wire test	5.3.14 b)	Polymers serving as a support for live metal parts and potting material (test sample)	Glow wire test with 750 °C	No ignition of material or support, or self extinguishing within 30 s
B7	Ball pressure test	5.3.13 a)	Polymers serving as an enclosure	Ball pressure test at 90 °C	Diameter of impression ≤ 2,0 mm
B8	Ball pressure test	5.3.13 b)	Polymers serving as a support for live metal parts	Ball pressure test at 125 °C	Diameter of impression ≤ 2,0 mm
B9	Resistance against ageing	5.3.15	Gaskets	Accelerated ageing in oven, 10 times opening and closing of lid with integrated gasket. Continue with E1	No change of sealing characteristic Passing the requirements of IP-test according to J1 and J2
B10	Flammability class	5.3.12.2	Specimen from C7	Flammability test	Requirements according to 5-VB of IEC 60695-11-20

Table 10 – Constructional requirements, test group C (single tests)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
C1	Protection against electric shock	4.3.3	Complete specimen as described in 5.2.5	Visual examination	No loosening or displacement
C2		5.3.4.1		Test with test finger 20 N	No live parts are accessible.
C3	General construction	4.8.6	Complete specimen	Visual examination and measurement	Sufficient wall thickness according to IEC 61140 and fixing
C4		4.8.4	Complete specimen	Visual examination	No sharp edges
C5	Terminations and connection methods	4.4.1 and 4.4.4	Complete specimen	Visual examination	Fix position of terminals Additional means for soldered connections
C6	Clearances and creepage distances	5.3.5	Complete specimen, terminated	Measurement	Requirements of 4.14 shall be fulfilled.
C7	Wall thickness	4.8.3	Complete specimen	Measurement	Wall thickness min. 3,0 mm, otherwise test according to B10
C8	Lids	4.3.2	Complete specimen	Visual examination	Requirements of 4.3.2 shall be fulfilled.

Table 11 – Mechanical tests, test group D (single tests)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
D1	Terminations and connection methods	5.3.19	Complete specimen	Mechanical test of suitability of terminals and connections	Requirements of relevant clauses shall be fulfilled.
D2	Knock-out inlets (outlets)	5.3.20	4 complete specimen	Mechanical test	Requirements of 5.3.20 shall be fulfilled.
D3	Cord anchorage	5.3.21	Cord anchorage	Pull- and torsion test	Requirements of 5.3.21 shall be fulfilled.
D4	Mechanical strength at lower temperatures	5.3.8	Complete specimen	Impact test	No damage, which may impair function
D5	Fixing of lid	5.3.3	2 pre-aged specimen from Groups E and F	Mechanical test	No damage according to the relevant subclause of 5.3.3

Table 12 – Test sequence I, test group E
(tests to be performed consecutively in this order)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
E1	Initial measurement	5.3.19		Test current: 1 A Measuring points: see Figure 6	Contact resistance $\leq 5 \text{ m}\Omega$
E2	Wet leakage current test	5.3.16		Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 M Ω
E3	Thermal cycle test	5.3.9		Test cycles: 200 Application of rated current	No visible damage, which could impair function or safety
E4	Dielectric strength	5.3.6 b)		r.m.s withstand voltage test 2 000 V + (4 × rated voltage)	No flashover or breakdown of voltage
E5	Dielectric strength	5.3.6 a)		Impulse withstand test	No flashover or breakdown of voltage
E6	Final measurement	5.3.19		Test current: 1 A Measuring points: see Figure 6	Contact resistance $\leq 150 \%$ of initial value
E7	Wet leakage current test	5.3.16		Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 M Ω

Table 13 – Test sequence II, test group F
(tests to be performed consecutively in this order)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
F1	Wet leakage current test	5.3.16	Specimen according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections	Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 M Ω
F2	Damp heat	5.3.10		Ageing test	No visible damage, which could impair function or safety
F3	Resistance against shearing	5.3.10		Visual test	No shearing occurred
F4	Retention on the mounting surface	5.3.22		Mechanical test	No loosening or displacement of specimen
				Wet leakage current test according to 5.3.16	Insulation resistance not less than 400 M Ω
F5	Dielectric strength	5.3.6 b)		r.m.s withstand voltage test 2 000 V + (4 × rated voltage)	No flashover or breakdown of voltage
F6	Wet leakage current test	5.3.16		Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 M Ω
F7	Coating test	Annex B		Visual inspection	See Annex B

Table 14 – Test sequence III, test group G
(tests to be performed consecutively in this order)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
G1	Thermal cycle test	5.3.9.3	Specimen according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections	Test cycle: 50	No visible damage, which could impair function or safety
G2	Humidity-freeze test	5.3.17			Requirements according to 5.3.17.5
G3	Retention on the mounting surface	5.3.22		Mechanical test	No loosening or displacement of specimen
				Wet leakage current test according to 5.3.16	Insulation resistance not less than 400 MΩ
G4	Wet leakage current test	5.3.16		Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 MΩ

Table 15 – Test sequence IV, test group H
(tests to be performed consecutively in this order)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
H1	Bypass diode thermal test	5.3.18	Specimen described in 5.2.5		Requirements according to 5.3.18.4
H2	Wet leakage current test	5.3.16		Insulation resistance	Insulation resistance not less than 400 MΩ

Table 16 – Reverse current test, test group I

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
I1	Reverse current test at junction box	5.3.23	Specimen described in 5.2.6		No flaming of the junction box, nor flaming or charring of the cheesecloth in contact with the junction box

Table 17 – Test sequence V, test group J
(tests to be performed consecutively in this order)

1	2	3	4	5	6
Test phase	Designation	Test according to	Specimen	Measurements, designation	Requirements
J1	Degree of protection	5.3.4.2	Specimen according to 5.2.5 with attached and short-circuited cell-connections	IP-code	IP55 according to IEC 60529
J2	Dielectric strength	5.3.6 b)		r.m.s withstand voltage test 2 000 V + (4 × rated voltage)	No flashover or breakdown of voltage

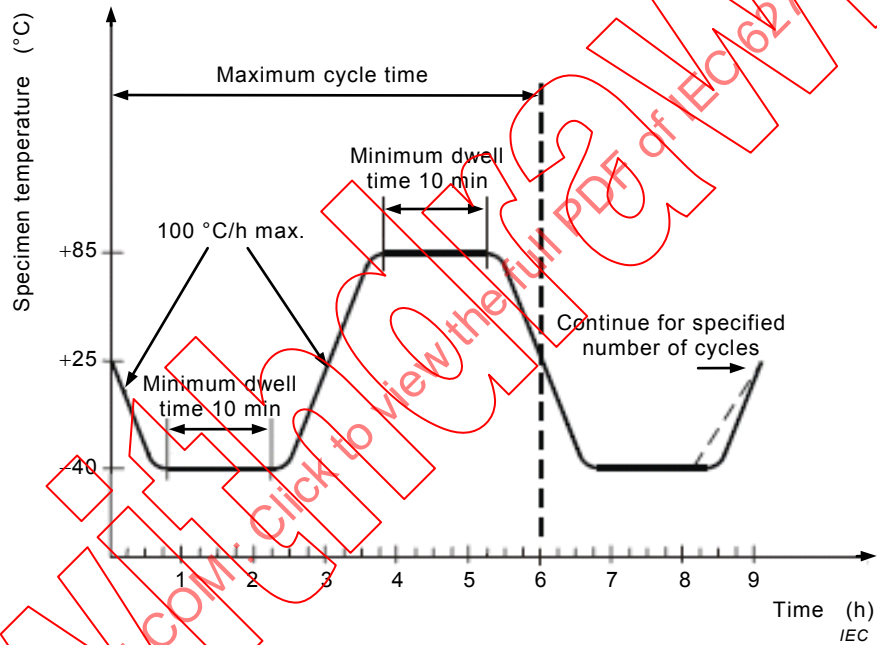


Figure 1 – Thermal cycling test

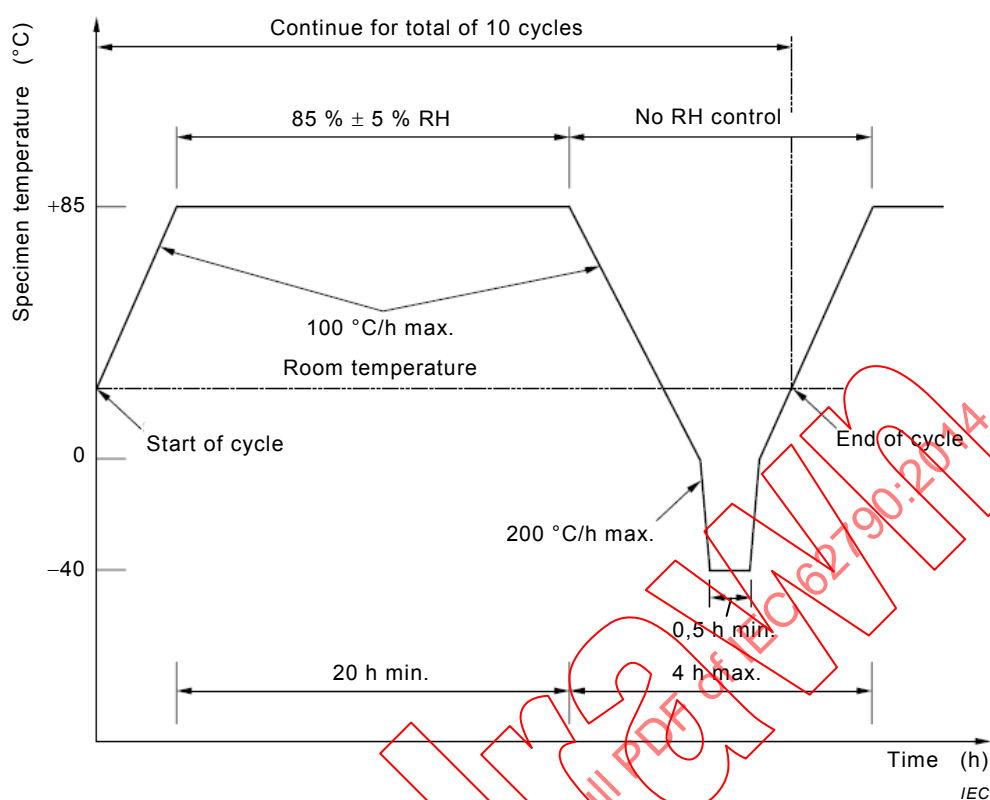


Figure 2 – Humidity-freeze cycle

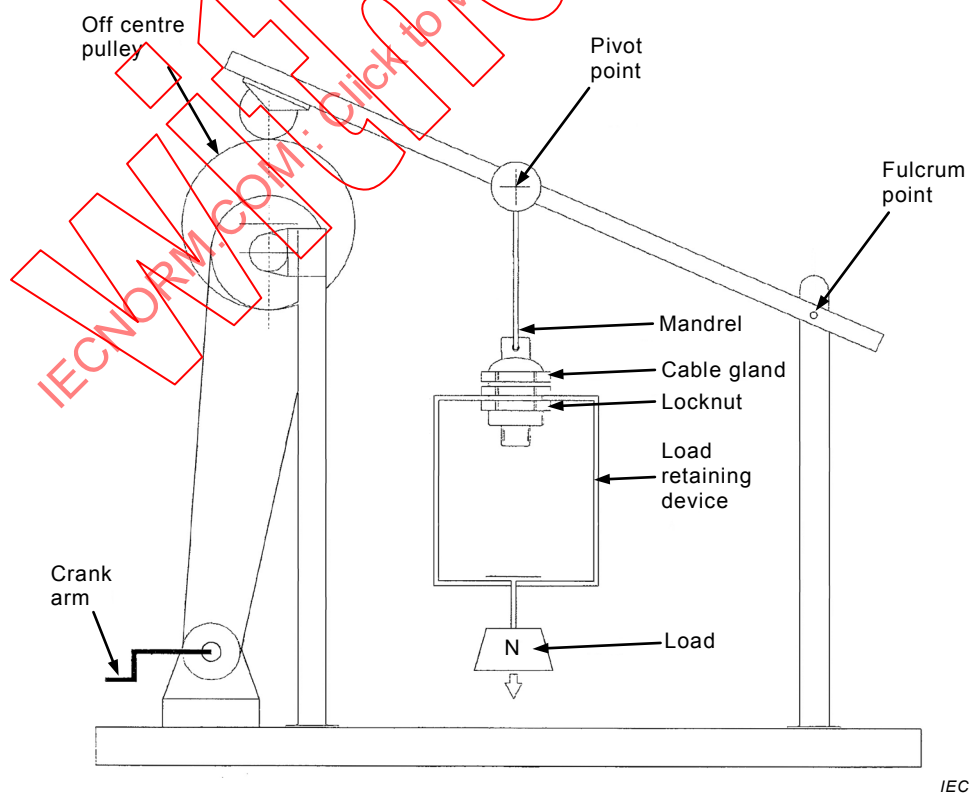
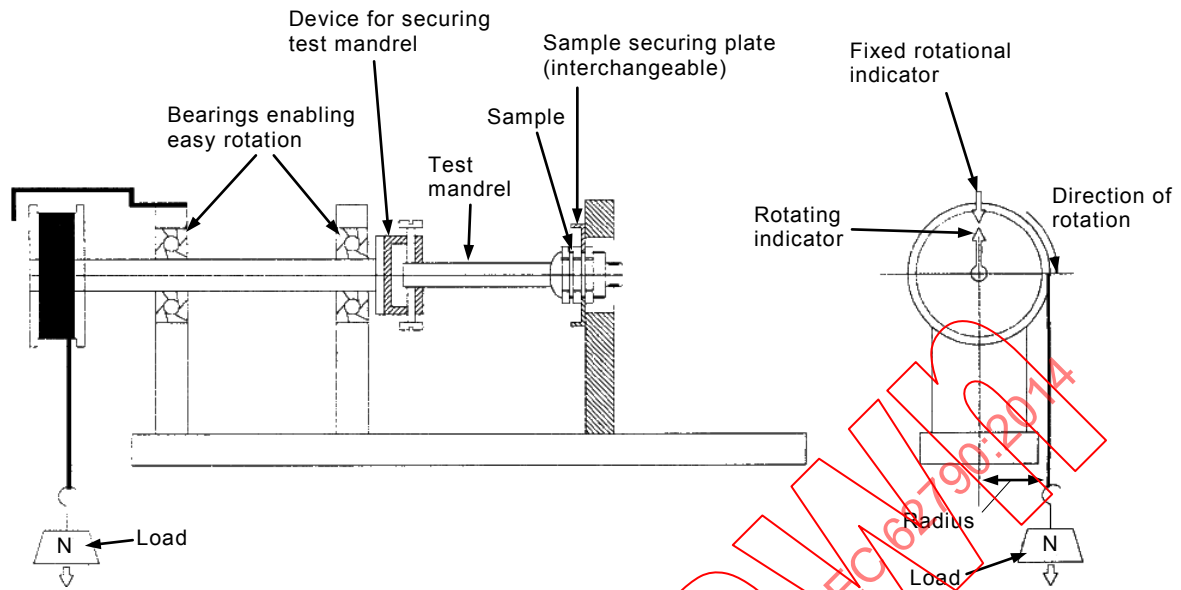
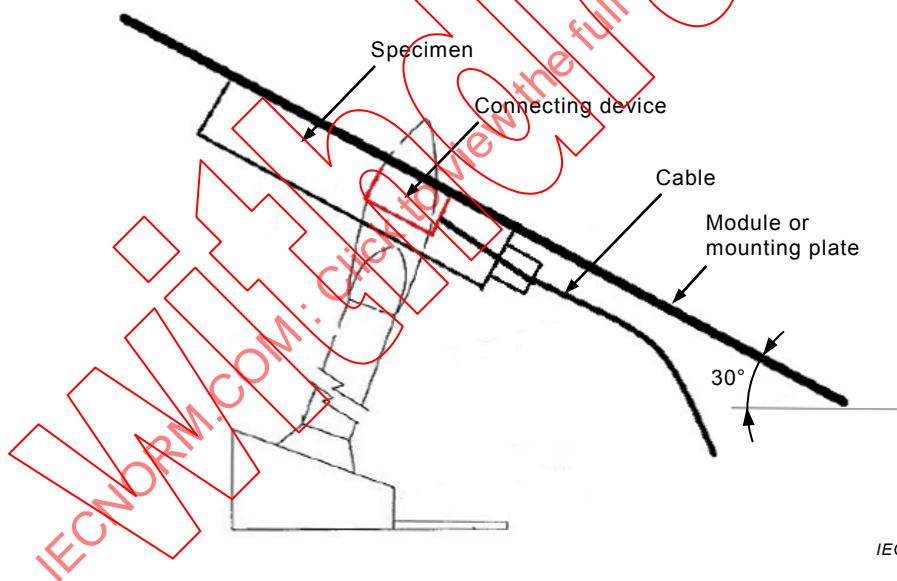


Figure 3 – Typical arrangement for the cable anchorage pull test



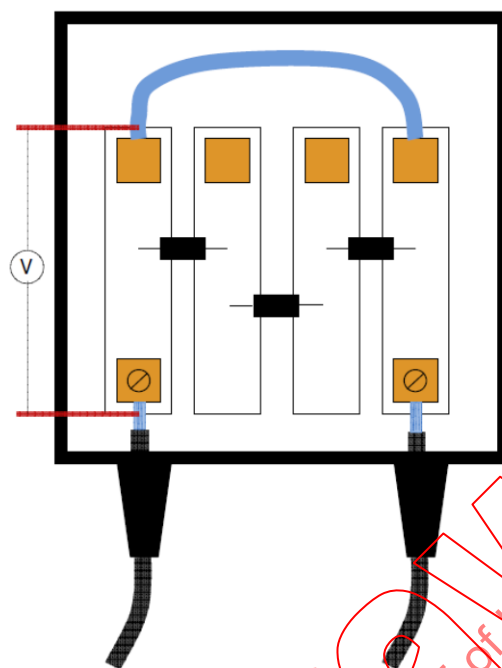
IEC

Figure 4 – Typical arrangement for torsion test



IEC

Figure 5 – Typical arrangement for flammability test according to 5.3.12.2



IEC

Figure 6 – Measurement of voltage drop

Annex A (informative)

Symbol "Do not disconnect under load"

The following symbols in Figures A.1 and A.2 may be used to show that a PV-conductor shall not be disconnected under load.

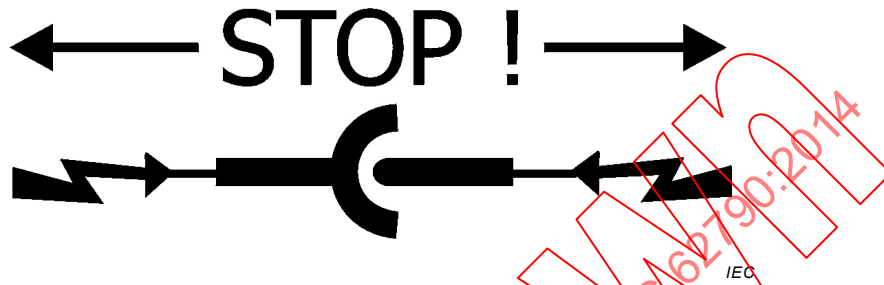


Figure A.1 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD"

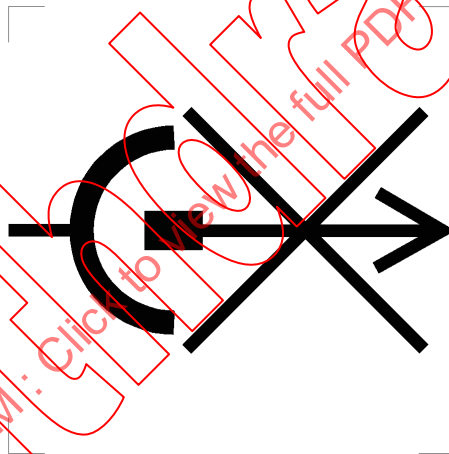


Figure A.2 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD" (IEC 60417-6070)

Annex B (normative)

Qualification of conformal coatings for protection against pollution

B.1 General

This annex covers requirements for conformal coatings used to reduce the pollution degree.

Conformal coatings shall meet the requirements of Clause B.2 and B.3.

NOTE The requirements of Clause B.2 assure that the conformal coating has been suitably rated for the purpose of coating. The requirements of B.3 assure that the coating will continue to adhere to the surfaces after environmental and physical stresses.

Conformity is checked as specified in Clauses B.2 and B.3.

B.2 Technical properties

The technical properties of conformal coatings shall be suitable for the intended application. In particular:

- a) the rated operating temperature range shall include the temperature range of the intended application;
- b) the comparative tracking index (CTI), the insulation resistance and the dielectric strength shall be suitable for the intended application;
- c) the flammability properties of the coating shall be in compliance with 5.3.14 b).

Conformity is checked by inspection of the manufacturer's data, in case of doubt by glow wire test.

B.3 Qualification of coatings

The coating shall meet the conformity requirements of Figure B.1 after the tests of Table B.1.

Conformity is checked as specified in Table B.1 and Figure B.1, on 6 specimens.

Table B.1 – Test parameters, test conditions and test procedures

	Test, conditioning	Test parameter, conditions	Test procedure
1	Cold conditioning	Conditioning temperature: T_{min} T_{min} is the minimum rated ambient temperature or the minimum rated storage temperature, whichever is lower, of the specimen. Any humidity is acceptable. Conditioning time: 24 h	The specimens are placed in a temperature chamber and held at T_{min} for the specified conditioning time.
2	Dry heat	Conditioning temperature: T_{max} T_{max} is the maximum rated surface temperature, maximum rated ambient temperature, or maximum rated storage temperature, whichever is higher, of the specimen. Any humidity is acceptable. Conditioning time: 48 h	The specimen is placed in a temperature chamber and held at T_{max} for the specified conditioning time.
3	Rapid change of temperature	Maximum temperature: T_{max} T_{max} is the maximum rated surface temperature, maximum rated ambient temperature, or maximum rated storage temperature, whichever is highest, of the specimen. Minimum temperature: T_{min} T_{min} is the minimum rated ambient temperature or the minimum rated storage temperature, whichever is lower, of the specimen. Rate of change of temperature: within 30 s Cycle time (duration of one cycle): T_{max} and T_{min} are each held until steady state conditions of the specimens are achieved and then maintained for 10 min. The cycle starts when the specimen has reached the target within 2 °C. Number of cycles: 5 cycles	The conditioning procedure follows test Na of IEC 60068-2-14.
4	Insulation resistance of conductors	Temperature: $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ Humidity: 90 %...95 % RH Insulation resistance: $\geq 100\text{ M}\Omega$	Insulation resistance is measured between the two outer conductors with the smallest creepage distance for at least 1 min. The test voltage shall be as close to the working voltage as possible. Diodes have to be removed before coating of the specimen

Preparation	
Preparation of the test specimens	Each specimen is to be assembled in the normal manner, using the normal soldering procedure, including any cleaning and protection steps that are normally applied. Diodes have to be removed before coating of the specimen
Conditioning of the test specimens	
Table B.1, item 1	Cold conditioning
Table B.1, item 2	Dry heat
Table B.1, item 3	Rapid change of temperature
Table 11, item F.2	Damp heat test
↓	
Mechanical and electrical tests after conditioning	
Table H.1, item 4	Insulation resistance Conformity is checked by measuring of the insulation resistance of Table H.1, item 8. All specimens shall meet the required value.
↓	
Visual inspection	Conformity is checked by inspection. All specimens shall show no • blistering, • swelling, • separation from base material, • cracks, • voids.

Figure B.1 – Test sequence and conformity check

Annex C (normative)

Measurement of clearances and creepage distances

The methods of measuring clearances and creepage distances are indicated in the following Examples 1 to 11 (see Figure C.1). These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

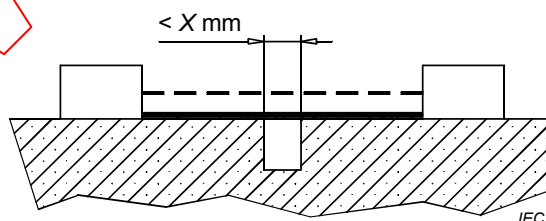
- where the distance across a groove is equal to or larger than X (see Table C.1), the creepage distance is measured along the contours of the groove (see example 2);
- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to X and being placed in the least favourable position (see example 3);
- clearances and creepage distances measured between parts which can assume different positions in relation to each other are measured when these parts are in their least favourable position.

In the following Examples 1 to 11 in Figure C.1 dimension X has the value given in Table C.1 depending on the pollution degree.

Table C.1 – Dimensions of X

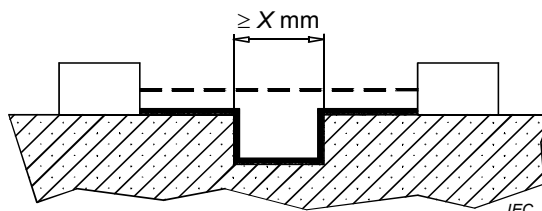
Pollution degree	Dimension X mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5

If the associated clearance is less than 3 mm, the dimension X in Table C.1 may be reduced to one-third of this clearance.



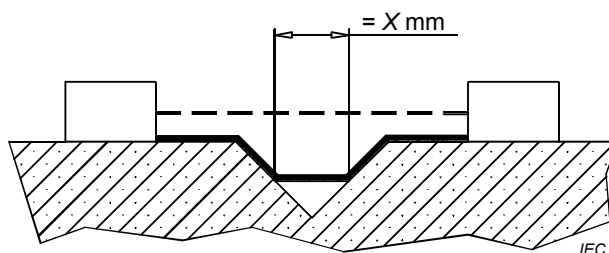
EXAMPLE 1 The path includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X .

The clearance and the creepage distance are measured directly across the groove as shown.



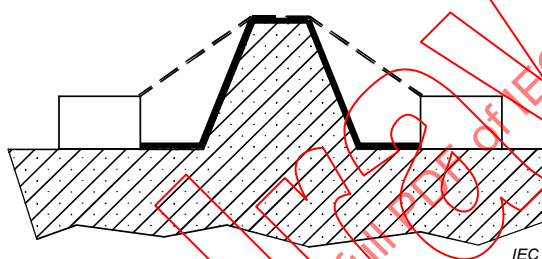
EXAMPLE 2 The path includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X .

The clearance is the “line-of-sight” distance. The creepage distance follows the contour of the groove.



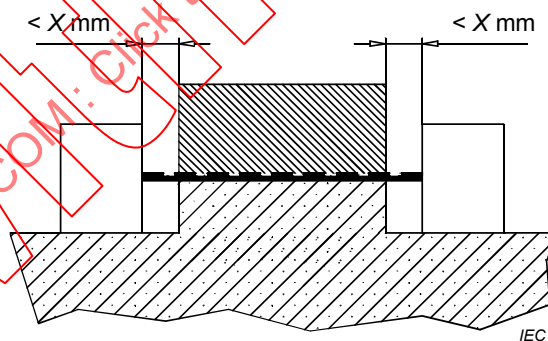
EXAMPLE 3 The path includes a V-shaped groove with a width greater than X .

The clearance is the “line-of-sight” distance. The creepage distance follows the contour of the groove but “short-circuits” the bottom of the groove by X link.



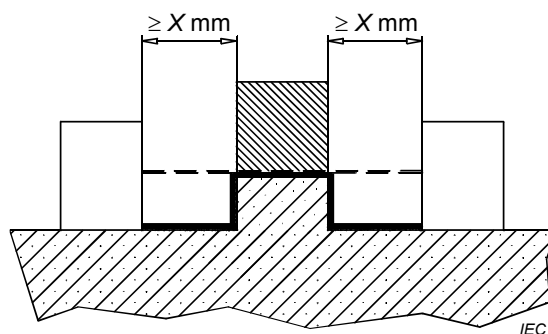
EXAMPLE 4 The path includes a rib.

The clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. The creepage distance follows the contour of the rib.



EXAMPLE 5 The path includes an uncemented joint with grooves less than X wide on each side.

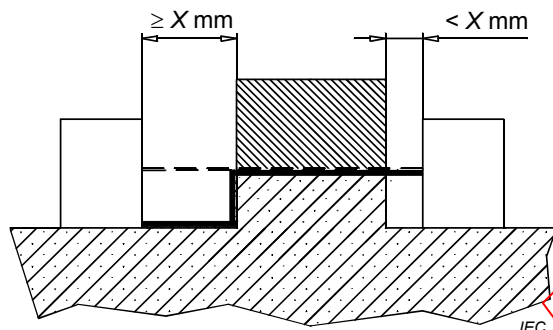
The clearance and the creepage distance path is the “line-of-sight” distance shown.



EXAMPLE 6 The path includes an uncemented joint with grooves equal to, or more than, X .

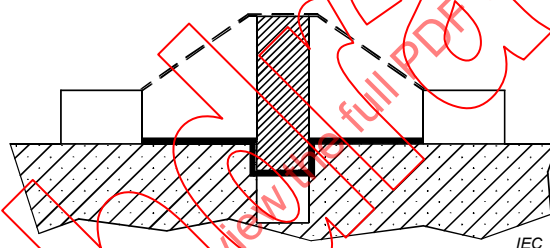
The clearance is the “line-of-sight” distance.

The creepage distance follows the contour of the grooves.



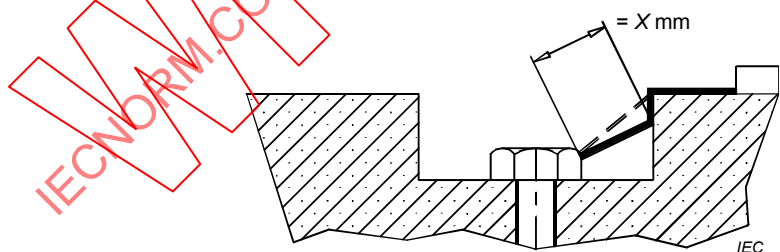
EXAMPLE 7 The path includes an uncemented joint with a groove on one side less than X wide and the groove on the other side equal to, or more than, X wide.

The clearance and the creepage distance are as shown.

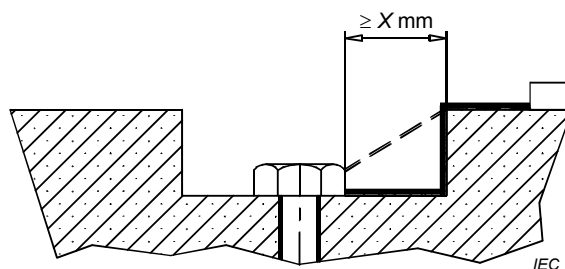


EXAMPLE 8 The creepage distance through the uncemented joint is less than the creepage distance over the barrier.

The clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

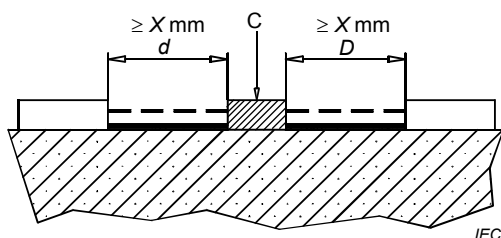


EXAMPLE 9 The gap between the head of the screw and the wall of the recess too narrow to be taken into account.



EXAMPLE 10 The gap between the head of the screw and the wall of the recess wide enough to be taken into account.

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



EXAMPLE 11 C = floating part

The clearance is the distance $d + D$. The creepage distance is also $d + D$.

— creepage distance
- - - clearance

Figure C.1 – Examples of methods of measuring clearances and creepage distances

Bibliography

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 581: Electromechanical components for electronic equipment*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*

IEC 60352-3, *Solderless connections – Part 3: Solderless accessible insulation displacement connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60352-4, *Solderless connections – Part 4: Solderless non-accessible insulation displacement connections – General requirements, test methods and practical guidance*

IEC 60364-7-712, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60512-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1: General*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat – Ball pressure test*

IEC 61210, *Connecting-devices – Flat, quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62790:2014

SOMMAIRE

SOMMAIRE	52
AVANT-PROPOS	55
1 Domaine d'application	57
2 Références normatives	57
3 Termes et définitions	59
4 Exigences de construction et performances	63
4.1 Généralités	63
4.2 Marquage et identification	63
4.2.1 Identification	63
4.2.2 Marquage	64
4.2.3 Documentation technique	64
4.3 Protection contre les chocs électriques	64
4.4 Extrémités, dispositifs de connexion et méthodes de connexion	65
4.5 Connecteurs	66
4.6 Câbles	66
4.7 Résistance au vieillissement	66
4.8 Conception générale	66
4.9 Degré de protection (IP)	67
4.10 Rigidité diélectrique	67
4.11 Plage de température ambiante	67
4.12 Serre-câble	67
4.13 Résistance mécanique	67
4.14 Isolation	67
4.14.1 Type d'isolation	67
4.14.2 Isolation principale	68
4.14.3 Isolation supplémentaire	68
4.14.4 Double isolation	68
4.14.5 Isolation renforcée	68
4.15 Distances d'isolement et lignes de fuite	68
4.15.1 Distances d'isolement	68
4.15.2 Lignes de fuite	69
4.16 Parties isolantes	71
4.16.1 Parties extérieures accessibles	71
4.16.2 Parties internes maintenant les parties actives en place	71
4.17 Parties conductrices et résistance à la corrosion	71
4.18 Étanchéité	71
4.19 Diode de dérivation	72
4.20 Entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique	72
5 Essais	72
5.1 Généralités	72
5.2 Préparation des éprouvettes	74
5.3 Réalisation des essais	75
5.3.1 Généralités	75
5.3.2 Durabilité du marquage	75
5.3.3 Fixation du couvercle sur une boîte de jonction démontable	75

5.3.4	Protection contre les chocs électriques	76
5.3.5	Mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite	76
5.3.6	Rigidité diélectrique	76
5.3.7	Résistance à la corrosion	76
5.3.8	Résistance mécanique à des températures inférieures	77
5.3.9	Essai de cycle thermique (IEC 60068-2-14:2009, Essai Nb).....	77
5.3.10	Essai de chaleur humide.....	77
5.3.11	Essai de résistance aux intempéries.....	78
5.3.12	Classe d'inflammabilité	78
5.3.13	Essai à la bille	78
5.3.14	Essai au fil incandescent	78
5.3.15	Résistance au vieillissement.....	79
5.3.16	Essai de courant de fuite en milieu humide.....	79
5.3.17	Essai humidité-gel	80
5.3.18	Essai thermique de la diode de dérivation.....	80
5.3.19	Essai des extrémités et méthodes de connexion.....	81
5.3.20	Entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique.....	82
5.3.21	Essai du serre-cordon.....	82
5.3.22	Maintien sur la surface de montage	84
5.3.23	Essai de courant inverse au niveau de la boîte de jonction	84
5.4	Programme d'essai	85
Annexe A (informative)	Symbole "Ne pas débrancher sous charge"	95
Annexe B (normative)	Qualification des revêtements enrobants pour la protection contre la pollution	96
B.1	Généralités	96
B.2	Propriétés techniques	96
B.3	Qualification des revêtements.....	96
Annexe C (normative)	Mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite.....	99
Bibliographie.....		103
Figure 1 – Essai de cycle thermique		91
Figure 2 – Cycle humidité-gel		92
Figure 3 – Exemple de montage d'essai de traction du serre-câble		92
Figure 4 – Exemple de montage d'essai de torsion		93
Figure 5 – Exemple de montage d'essai d'inflammabilité conformément à 5.3.12.2.....		93
Figure 6 – Mesurage de la chute de tension.....		94
Figure A.1 – Symbole "NE PAS DÉBRANCHER SOUS CHARGE"		95
Figure A.2 – Symbole "NE PAS DÉBRANCHER SOUS CHARGE" (IEC 60417-6070).....		95
Figure B.1 – Séquence d'essais et vérification de la conformité		98
Figure C.1 – Exemples de méthodes de mesurage des distances d'isolement et lignes de fuite		102
Tableau 1 – Type d'isolation exigé.....		68
Tableau 2 – Tensions de choc assignées et distances d'isolement minimales.....		69
Tableau 3 – Lignes de fuite pour l'isolation principale		70
Tableau 4 – Nombre d'éprouvettes		73

Tableau 5 – Valeurs des couples pour les organes de serrage à vis	74
Tableau 6 – Forces de traction du serre-cordon	83
Tableau 7 – Valeurs de l'essai de torsion.....	84
Tableau 8 – Marquage, informations, documentation, groupe d'essais A.....	85
Tableau 9 – Essai de matériau, groupe d'essais B (essais uniques)	85
Tableau 10 – Exigences de construction, groupe d'essais C (essais uniques).....	86
Tableau 11 – Essais mécaniques, groupe d'essais D (essais uniques)	87
Tableau 12 – Séquence d'essais I, groupe d'essais E (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	88
Tableau 13 – Séquence d'essais II, groupe d'essais F (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	89
Tableau 14 – Séquence d'essais III, groupe d'essais G (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	90
Tableau 15 – Séquence d'essais IV, groupe d'essais H (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	90
Tableau 16 – Essai de courant inverse, groupe d'essais I.....	90
Tableau 17 – Séquence d'essais V, groupe d'essais J (essais à réaliser successivement dans cet ordre).....	91
Tableau B.1 – Paramètres d'essai, conditions d'essai et procédures d'essai.....	97
Tableau C.1 – Dimensions de X.....	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**BOÎTES DE JONCTION POUR MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –
EXIGENCES DE SÉCURITÉ ET ESSAIS****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62790 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

La Norme Européenne EN 50548 (première édition, 2011), a servi de base à l'élaboration de cette norme.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/876/FDIS	82/902/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

BOÎTES DE JONCTION POUR MODULES PHOTOVOLTAÏQUES – EXIGENCES DE SÉCURITÉ ET ESSAIS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les exigences de sécurité, les exigences de construction et les essais relatifs aux boîtes de jonction jusqu'à 1 500 V en courant continu utilisées sur des modules photovoltaïques conformes à la classe II de l'IEC 61140:2001.

La présente Norme s'applique également aux enveloppes montées sur des modules photovoltaïques comportant des circuits électroniques pour la conversion, le contrôle, la surveillance ou opérations similaires. Des exigences supplémentaires concernant les opérations correspondantes sont appliquées en considérant les conditions d'environnement des modules photovoltaïques. La présente Norme ne s'applique pas aux circuits électroniques de ces dispositifs pour lesquels d'autres normes IEC s'appliquent.

NOTE Pour les boîtes de jonction conformes aux classes 0 et III de l'IEC 61140:2001 dans les systèmes photovoltaïques, la présente norme peut être utilisée en référence.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-70, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Xb: Effacement des marquages et inscriptions par friction des doigts et des mains*

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60228, *Âmes des câbles isolés*

IEC 60352-2, *Connexions sans soudure – Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique*

IEC 60512-12-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 12-1: Essais de soudure – Essai 12a: Soudabilité, mouillage, méthode du bain d'alliage*

IEC 60512-12-2, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 12-2: Essais de soudure – Essai 12b: Soudabilité, mouillage, méthode du fer à souder*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC/TR 60664-2-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques*

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 60695-2-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent / chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC/TR 60943, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

IEC 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

IEC 60998-2-1, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-1: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage à vis*

IEC 60998-2-2, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

IEC 60999-1:2000, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

IEC 60999-2, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 2: Prescriptions particulières pour les organes de serrage pour conducteurs au-dessus de 35 mm² et jusqu'à 300 mm² (inclus)*

IEC 61032, *Protection des personnes et du matériel par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61730-1, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

IEC 61730-2:2004, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

IEC 62852, *Connecteurs pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

ISO 868:2003, *Plastiques et ébonite – Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre (dureté Shore)*

ISO 4892-2:2013, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 2: Lampes à arc au Xénon*

ISO 4892-3:2006, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 3: Lampes fluorescentes UV*

EN 50618, *Câbles électriques pour systèmes photovoltaïques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

boîte de jonction de module

assemblage de composants, tels que des boîtes, capots, plaques de couverture, couvercles, extensions de boîte, accessoires, etc., assurant, après assemblage et installation sur le module photovoltaïque en usage normal, un degré approprié de protection contre les influences externes et un degré défini de protection contre les contacts avec les parties actives enfermées dans toutes les directions accessibles

3.1.1

boîte de jonction pour réouverture

boîte de jonction qui peut être ouverte à tout moment

Note 1 à l'article: Elle peut contenir des connexions démontables et non démontables.

3.1.1.1

boîte de jonction pour câblage en usine

boîte de jonction qui est fixée et connectée au module PV dans des conditions contrôlées, en général chez le fabricant

3.1.1.2

boîte de jonction pour câblage sur site

boîte de jonction contenant des câblages destinés à être réalisés sur site

3.1.2

boîte de jonction, non destinée à la réouverture

boîte de jonction qui ne peut pas être ouverte après son montage dans l'application finale

Note 1 à l'article: Elle peut contenir des connexions démontables et non démontables.

3.2

presse-étoupe

dispositif permettant l'introduction d'un ou plusieurs câbles électriques dans la boîte de jonction tout en maintenant le mode de protection appliqué

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-18, modifiée – " et/ou optiques" a été supprimé et "un matériel électrique" a été remplacé par "la boîte de jonction".]

3.3

étanchéité

méthode assurant l'aptitude d'un composant à résister à la pénétration d'agents atmosphériques polluants

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-16]

3.4

buse (manchon)

entrée ouverte d'une boîte permettant d'insérer et de confiner un conduit

3.5

serre-câble

capacité à limiter le déplacement d'un câble flexible contre les forces de traction et pression et les torsions

3.6

connecteur pour systèmes photovoltaïques

composant adapté aux systèmes photovoltaïques, placé à l'extrémité de conducteurs afin de permettre de réaliser leur connexion ou déconnexion avec un autre composant approprié

3.7

utilisation prévue

utilisation d'une boîte de jonction conformément aux informations d'utilisation données par le fabricant

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-13, modifiée – "un produit, procédé ou service" a été remplacé par "une boîte de jonction" et "fournisseur" a été remplacé par "fabricant".]

3.8

borne

partie(s) de la 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

3.9

distance d'isolement

distance d'isolement dans l'air

distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-04-12]

3.10

ligne de fuite

distance la plus courte, le long de la surface d'un matériau isolant, entre deux parties conductrices

[SOURCE: 60050-151:2001, 151-15-50, modifiée – "isolant solide" a été remplacé par "matériau isolant".]

3.11

catégorie de surtension

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-02]

3.12**pollution**

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-28]

3.13**degré de pollution**

nombre caractérisant la pollution prévue du microenvironnement

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-07]

3.14**tension assignée**

valeur de la tension, fixée par le fabricant pour la boîte de jonction et à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles

Note 1 à l'article: La tension assignée est équivalente à la tension assignée du système définie dans l'IEC 61730-1.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9 modifiée – "à un composant, à un dispositif ou à un matériel" a été remplacé par "pour la boîte de jonction" et la note a été remplacée par la Note 1 à l'article.]

3.15**tension assignée d'isolement**

valeur efficace de la tension de tenue fixée par le fabricant pour la boîte de jonction, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

Note 1 à l'article: La tension assignée d'isolement n'est pas nécessairement égale à la tension assignée, qui est principalement liée aux performances fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.1, modifiée – "aux matériels ou à une partie d'entre eux" a été remplacé par "pour la boîte de jonction".]

3.16**tension de choc assignée**

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant pour la boîte de jonction, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre les surtensions transitoires

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, modifiée – "aux matériels ou à une partie d'entre eux" a été remplacé par "pour la boîte de jonction".]

3.17**tension de tenue aux chocs**

valeur de crête la plus élevée de la tension de choc, de forme et de polarité spécifiées, qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: La tension de tenue aux chocs est supérieure ou égale à la tension de choc assignée.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.1 – La Note 1 à l'article à l'article a été ajoutée.]

3.18**tension de tenue en valeur efficace**

valeur efficace la plus élevée d'une tension qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.8.2]

3.19

Courant

3.19.1

courant assigné

valeur de courant fixée par le fabricant, que la boîte de jonction peut supporter en continu (sans interruption) et simultanément sur tous ses contacts et diodes de dérivation, le cas échéant, câblés avec le conducteur ayant la section la plus grande spécifiée, à la température ambiante spécifiée la plus élevée, sans dépasser les limites supérieures de température

3.19.2

courant inverse

I_{REV}

valeur de courant fixée par le fabricant, que la boîte de jonction peut supporter à la température ambiante spécifiée la plus élevée, sans provoquer de situation dangereuse

Note 1 à l'article: Le courant inverse est comparable au courant d'essai inverse du module photovoltaïque (voir IEC 61730-2).

3.20

isolation fonctionnelle

isolation entre parties conductrices qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement du matériel

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.1]

3.21

isolation principale

isolation appliquée aux parties actives pour assurer la protection principale contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: L'isolation principale n'inclut pas nécessairement l'isolation utilisée exclusivement à des fins fonctionnelles (voir IEC 61140:2001, 3.10.1).

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.2, modifiée – "contre les chocs électriques" et Note 1 à l'article ont été ajoutés.]

3.22

isolation supplémentaire

isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en vue d'assurer une protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.3, modifiée – "en tant que protection en cas de défaut" a été remplacé par "en vue d'assurer une protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'isolation principale".]

3.23

double isolation

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.4]

3.24

isolation renforcée

système d'isolation unique des parties actives, assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une double isolation dans les conditions spécifiées de la norme IEC correspondante (IEC 61140:2001, 3.10.4)

Note 1 à l'article: Un système d'isolation unique n'implique pas que l'isolation doit se composer d'une pièce homogène. Elle peut comprendre plusieurs couches qui ne peuvent pas être soumises à essai séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.5, modifiée – "isolation des parties actives dangereuses" a été remplacé par "système d'isolation unique des parties actives" et "dans les conditions spécifiées de la norme IEC correspondante (IEC 61140:2001, 3.10.4)" et la Note 1 à l'article ont été ajoutées.]

3.25

tension locale

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant continu qui peut apparaître à travers n'importe quelle isolation particulière de la boîte de jonction, lorsque celle-ci est alimentée sous la tension assignée

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.5, modifiée – "courant alternatif ou" a été supprimé et "lorsqu'un matériel est alimenté" a été remplacé par "particulière de la boîte de jonction, lorsque celle-ci est alimentée".]

3.26

indice de résistance au cheminement

IRC

valeur numérique de la tension maximale, exprimée en volts, qu'un matériau peut supporter sans cheminement et sans apparition de flammes persistantes dans des conditions d'essai spécifiées

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

3.27

partie accessible

partie pouvant être touchée au moyen d'un doigt d'épreuve normalisé

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

4 Exigences de construction et performances

4.1 Généralités

Pour des boîtes de jonction conformes à la présente norme, il n'a été spécifié aucune valeur de tension assignée et de courant assigné. Ces valeurs doivent être spécifiées par le fabricant.

Les boîtes de jonction doivent convenir à une utilisation durable à l'extérieur, dans une plage de température ambiante de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les boîtes de jonction doivent être conçues et dimensionnées de façon à pouvoir supporter les contraintes électriques, mécaniques, thermiques et corrosives qui prévalent au cours de leur utilisation prévue et ne présenter aucun danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

La conformité à ces exigences est vérifiée par les essais spécifiés dans la présente Norme internationale.

4.2 Marquage et identification

4.2.1 Identification

Les boîtes de jonction doivent être identifiées et caractérisées par les marquages suivants:

a) le nom, la marque déposée ou la marque d'origine du fabricant;

- b) le code de référence du type;
- c) le courant assigné;
- d) les tensions assignées ou les tensions assignées d'isolement;
- e) la tension de choc assignée, si elle est spécifiée;
- f) la tension maximale de fonctionnement;
- g) le degré de pollution;
- h) le degré de protection procuré par l'enveloppe conformément à l'IEC 60529;
- i) la plage de températures (les limites inférieure et supérieure de température ambiante), si elle est différente de celle indiquée dans la présente norme;
- j) le type de bornes;
- k) les conducteurs qui peuvent y être raccordés;
- l) la référence à la présente norme, le cas échéant;
- m) les symboles d'avertissement "Ne pas débrancher sous charge" (voir Annexe A) ou un avertissement approprié dans les langues nationales respectives;
- n) la polarité du connecteur, le cas échéant;
- o) le type et le nombre de diodes de dérivation, le cas échéant;
- p) le courant inverse (I_{REV}).

4.2.2 Marquage

Le marquage doit être indélébile et facilement lisible.

Le marquage de la boîte de jonction doit au minimum comporter les points a), b) et n) de 4.2.1.

Si la connexion de la boîte de jonction est assurée par des connecteurs, l'avertissement indiqué en m) de 4.2.1 doit figurer sur une étiquette ou un élément analogue, apposé sur ou à proximité du connecteur.

Si la connexion de la boîte de jonction est assurée par un câble fixe dont l'extrémité est dotée d'un connecteur, l'avertissement indiqué en m) de 4.2.1 doit figurer sur une étiquette ou un élément analogue, apposé sur ou à proximité du connecteur. Une instruction concernant l'emplacement de l'avertissement doit figurer dans la documentation technique. Les marquages a) et b) de 4.2.1 doivent se trouver sur la plus petite unité d'emballage.

4.2.3 Documentation technique

Les éléments d'identification de 4.2.1 qui ne sont pas marqués sur la boîte de jonction conformément à 4.2.2 et les informations suivantes doivent être fournis dans la documentation technique du fabricant:

- a) informations relatives aux extrémités pour ce qui concerne la connexion du câble et des cellules, le cas échéant;
- b) informations relatives au (système de) connecteur(s), le cas échéant;
- c) informations relatives au montage (matériau de la face arrière du module, par exemple) et au matériau de montage (le matériau d'étanchéité, l'adhésif, par exemple), le cas échéant.

4.3 Protection contre les chocs électriques

4.3.1 Une boîte de jonction doit être conçue de sorte que, après le montage, les parties actives ne soient pas accessibles. Cette exigence doit être satisfaite, même en cas de déformation du capot et/ou du couvercle suite à une contrainte mécanique ou thermique susceptible de se produire dans le cadre d'une utilisation normale. En outre, le degré de protection du capot ne peut pas être réduit par cette possible déformation.

4.3.2 Les parties amovibles ne doivent pouvoir être retirées qu'à l'aide d'outils. Les couvercles fixés sans vis doivent être équipés d'un ou de plusieurs dispositifs détectables, par exemple, des encoches permettant de les retirer à l'aide d'outils. Si le couvercle est correctement retiré, l'outil ne doit pas entrer en contact avec les parties actives.

4.3.3 Les parties des boîtes de jonction pour câblage sur site conformes à 3.1.1.2 ne doivent pas pouvoir être perdues ou desserrées.

4.4 Extrémités, dispositifs de connexion et méthodes de connexion

4.4.1 Les extrémités doivent être adaptées au type et à la gamme de sections de conducteur conformément à la spécification du fabricant.

Les extrémités doivent être maintenues en place de telle façon qu'un éventuel déplacement n'entraîne pas de réduction des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite.

Il est nécessaire de prendre des mesures pour éviter que les contacts soient soumis à des contraintes entraînant leur dégradation et leur mouvement éventuel.

Les extrémités doivent être conçues de manière à ne pas transmettre la pression de contact par un matériau isolant autre que la céramique, le mica pur ou tout autre matériau présentant des caractéristiques tout aussi convenables, à moins que les éléments métalliques soient suffisamment résilients pour compenser tout rétrécissement ou écrasement éventuel du matériau isolant.

Des mesures doivent être prises pour empêcher les connexions de se desserrer, par exemple, à l'aide d'une rondelle.

4.4.2 Les dispositifs de connexion doivent satisfaire aux exigences suivantes, dans les conditions conformes à 5.1.3:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| a) connexions serties | conformément à l'IEC 60352-2 |
| b) connexions autodénudantes | conformément à l'IEC 60352-3 (accessibles) ou à l'IEC 60998-2-3 |
| c) connexions autodénudantes | conformément à l'IEC 60352-4 (non accessibles) ou à l'IEC 60998-2-3 |
| d) connexions insérées à force | conformément à l'IEC 60352-5 |
| e) connexions à perçage d'isolant | conformément à l'IEC 60352-6 ou à l'IEC 60998-2-3 |
| f) organes de serrage sans vis | conformément à l'IEC 60999-1 ou à l'IEC 60999-2 ou à l'IEC 60352-7 |
| g) organes de serrage à vis | conformément à l'IEC 60999-1 ou à l'IEC 60999-2 |
| h) bornes plates à connexion rapide | conformément à l'IEC 61210 |
| i) blocs de jonction | IEC 60947-7-1 |
| j) connexions soudées | IEC 61191-1 |

Les dispositifs de connexion doivent être pourvus de moyens suffisants pour être maintenus en place après raccordement.

Différentes bornes ou techniques de connexion peuvent être utilisées si elles assurent un niveau de sécurité comparable à celui indiqué dans les normes mentionnées ci-dessus.

Les extrémités constituées de connecteurs situés à l'intérieur de la boîte de jonction doivent satisfaire aux exigences correspondantes de l'IEC 62852.

Les connexions brasées des câbles et connecteurs de cellules doivent disposer de moyens supplémentaires pour maintenir le conducteur en place.

Les connexions soudées sont aussi autorisées.

4.4.3 La conformité est vérifiée par les essais selon 5.3.19.

4.5 Connecteurs

Les connecteurs photovoltaïques faisant partie intégrante de la boîte de jonction et les connecteurs photovoltaïques connectés par un câble à la boîte de jonction doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62852. Les valeurs de courant et de tension assignés doivent correspondre au minimum aux valeurs assignées de la boîte de jonction.

4.6 Câbles

Les câbles connectés à la boîte de jonction doivent satisfaire aux exigences de l'EN 50618. Les valeurs de courant et de tension assignés doivent correspondre au minimum aux valeurs assignées de la boîte de jonction.

4.7 Résistance au vieillissement

Les parties dont la détérioration risque de compromettre la sécurité doivent être résistantes au vieillissement.

4.8 Conception générale

4.8.1 Les boîtes de jonction doivent être conçues et dimensionnées de manière à assurer une protection suffisante des câbles et des extrémités contre les contraintes électriques, mécaniques et environnementales susceptibles de se produire dans le cadre d'une utilisation normale.

4.8.2 Les boîtes de jonction doivent être conçues de sorte qu'il doit être possible de raccorder des conducteurs du type et de la section spécifiés par le fabricant. Outre l'extrémité du conducteur, des dispositions doivent être prises pour s'assurer que l'isolation du conducteur ne risque pas d'être endommagée, en évitant les arêtes vives, par exemple.

4.8.3 Toutes les ouvertures doivent être pourvues de couvercles appropriés (couvercles, bouchons, etc.) qui doivent être conformes aux exigences de 5.3.15. Ils ne doivent pouvoir être retirés qu'à l'aide d'un outil.

Ces exigences s'appliquent également aux ouvertures défonçables.

4.8.4 Les barrières en matériau polymérisé isolant assurant la seule isolation entre une partie active et une partie métallique accessible ou entre des parties actives non isolées qui n'ont pas le même potentiel électrique doivent avoir une épaisseur adéquate et un matériau approprié à l'application. La barrière ne doit pouvoir être retirée qu'à l'aide d'un outil.

4.8.5 Les boîtes de jonction pour réouverture conformément à 3.1.1 et pourvues de connexions démontables doivent être conçues de sorte que

- a) des précautions soient prises pour que le conducteur soit protégé contre les contraintes de cisaillement et de traction au niveau de l'extrémité et soit maintenu de manière à éviter toute torsion,
- b) la boîte de jonction soit en mesure d'accepter les câbles adaptés à l'utilisation dans des systèmes photovoltaïques, tels que spécifiés par le fabricant (voir 4.2.3),
- c) le volume soit suffisant pour connecter le conducteur.

4.9 Degré de protection (IP)

Une boîte de jonction doit présenter, au moins, un degré de protection IP55, catégorie 1, conformément à l'IEC 60529.

4.10 Rigidité diélectrique

Une boîte de jonction doit supporter l'essai de tension de tenue aux chocs et l'essai de tenue de tension en fonction de sa tension assignée conformément à 5.3.6.

4.11 Plage de température ambiante

Les boîtes de jonction doivent supporter les valeurs supérieure et inférieure de la plage de températures indiquée en 4.1 ou spécifiée par le fabricant, si elles sont respectivement inférieures à la valeur minimale ou supérieure à la valeur maximale indiquées en 4.1.

4.12 Serre-câble

Le serre-câble doit convenir au câble à raccorder. Le fabricant doit spécifier la plage des diamètres de câbles acceptables.

Des pièces flottantes insérées pour obtenir le serrage du câble sont admissibles si elles sont fixées à la boîte de jonction montée.

Le serre-câble peut être réalisé en matériau isolant ou en métal. S'il est en métal, il doit satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- a) être muni d'un revêtement en matériau isolant pour éviter la mise sous tension d'une partie métallique accessible en cas de défaillance;
- b) aucun contact ne doit être possible avec le doigt d'essai conformément à l'IEC 60529.

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.3.21.

4.13 Résistance mécanique

4.13.1 Une boîte de jonction ne doit pas présenter de dégradation susceptible de compromettre la sécurité après soumission aux contraintes mécaniques imposées par le programme d'essai.

4.13.2 Les contacts d'une boîte de jonction montée pour utilisation finale doivent être solidement maintenus dans le corps de contact.

4.13.3 Après soumission aux contraintes imposées par le programme d'essai, l'isolation interne ne doit pas présenter de dégradation qui pourrait compromettre l'utilisation normale.

4.14 Isolation

4.14.1 Type d'isolation

En fonction de la classe indiquée dans l'IEC 61140 et de l'utilisation prévue de la boîte de jonction, le type d'isolation doit être choisi dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Type d'isolation exigé

Classe (IEC 61140)	Isolation entre les parties actives et les surfaces accessibles	Isolation entre les dispositifs de connexion pour boîte de jonction selon 3.1.1 ^a	Isolation entre les parties actives de polarités différentes sur un même circuit
Classe 0	P	R	P
Classe II	R	R	P
Classe III	–	R	P
P isolation principale R isolation renforcée ou double isolation ^a Cette colonne ne concerne que la protection contre le flash ou effet Rocky Point			

4.14.2 Isolation principale

L'isolation principale doit être telle qu'elle peut supporter les essais en tension de 5.3.6 et qu'elle satisfait aux exigences de lignes de fuite et de distances d'isolement conformément à 4.15.

4.14.3 Isolation supplémentaire

Pour l'isolation supplémentaire, les mêmes exigences relatives à l'isolation principale doivent s'appliquer.

4.14.4 Double isolation

La double isolation doit être conçue de façon à ce que le claquage d'une partie (isolation principale ou supplémentaire) n'affecte pas la fonction de protection de l'autre partie. Il ne doit pas être possible de retirer l'isolation supplémentaire sans utiliser un outil.

Pour la double isolation, s'il n'est pas possible de soumettre séparément aux essais l'isolation principale et l'isolation supplémentaire, le système d'isolation doit être considéré comme une isolation renforcée.

4.14.5 Isolation renforcée

L'isolation renforcée doit être telle qu'elle peut supporter les essais en tension de 5.3.6. Pour l'isolation renforcée, les distances d'isolement doivent être choisies dans le Tableau 2.

La valeur pour les lignes de fuite doit être égale à deux fois celle de l'isolation principale, conformément au Tableau 3.

4.15 Distances d'isolement et lignes de fuite

4.15.1 Distances d'isolement

Les distances d'isolement entre les parties actives et les surfaces accessibles doivent être dimensionnées conformément au Tableau 2 en fonction de la tension assignée.

Toutes les autres distances d'isolement de la boîte de jonction doivent satisfaire aux exigences d'isolation principale conformément au Tableau 2 en fonction de la tension locale.

Tableau 2 – Tensions de choc assignées et distances d'isolement minimales

Tension en cc assignée ou locale V	Isolation principale		Isolation renforcée	
	Tension de choc assignée kV (1,2/50 μ s)	Distance d'isolement mm	Tension de choc assignée kV (1,2/50 μ s)	Distance d'isolement mm
100	1,5	0,5	2,5	1,5
150	2,5	1,5	4,0	3,0
300	4,0	3,0	6,0	5,5
600	6,0	5,5	8,0	8,0
1 000	8,0	8,0	12	14
1 500	10	11	16	19

Les valeurs minimales sont de 0,2 mm, pour un degré de pollution 2, et de 0,8 mm, pour un degré de pollution 3.

NOTE Ces valeurs sont déduites de l'IEC 60664 pour la catégorie de surtension III et pour une altitude maximale de 2000 m.

4.15.2 Lignes de fuite

4.15.2.1 Généralités

Les lignes de fuite entre les parties actives et les surfaces accessibles doivent être dimensionnées pour l'isolation renforcée ou la double isolation conformément au Tableau 3 en fonction de la tension assignée, en considérant le degré de pollution spécifié au 4.14.3.2.

Les boîtes de jonction démontables doivent satisfaire aux exigences d'isolation renforcée ou de double isolation du Tableau 3 entre les organes de serrage de l'extrémité des câbles de connexion en fonction de la tension assignée de la boîte de jonction.

Toutes les autres lignes de fuite de la boîte de jonction doivent satisfaire aux exigences d'isolation principale conformément au Tableau 3 en fonction de la tension maximale de fonctionnement spécifiée par le fabricant.

Tableau 3 – Lignes de fuite pour l'isolation principale

Tension (c.c.) V2	Degré de pollution 1	Degré de pollution 2			Degré de pollution 3		
	Tous les groupes de matériaux mm	Groupe de matériaux I mm	Groupe de matériaux II mm	Groupe de matériaux III mm	Groupe de matériaux I mm	Groupe de matériaux II mm	Groupe de matériaux III mm
25	0,125	0,5	0,5	0,5	1,3	1,3	1,3
50	0,18	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9
100	0,25	0,7	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
150	0,31	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5
200	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2
300	0,70	1,5	2,1	3,0	3,8	4,2	4,7
600	1,7	3,0	4,3	6,0	7,6	8,6	9,5
1 000	3,2	5,0	7,1	10	13	14	16
1 500	5,2	7,5	10	15	19	21	24

Une interpolation linéaire est autorisée.

Les valeurs pour l'isolation renforcée ou la double isolation sont égales à deux fois celles de l'isolation principale.

L'isolation suffisante de la zone adhésive entre le module et la boîte de jonction est vérifiée par les essais des groupes d'essai E, F et G de 5.4.

4.15.2.2 Degré de pollution

Les lignes de fuite et les distances d'isolement entre les parties actives dangereuses et les surfaces accessibles en dehors de l'enveloppe doivent être dimensionnées selon le degré de pollution 3. Les distances à l'intérieur de l'enveloppe doivent être dimensionnées selon le degré de pollution 2, le degré de pollution 1 peut être appliqué si les exigences correspondantes de l'Annexe B sont satisfaites.

En cas d'utilisation de matériau d'enrobage, l'essai de l'Annexe B doit être effectué sur la boîte de jonction et le module associé.

4.15.2.3 Indice de résistance au cheminement (IRC)

Les matériaux isolants sont classés en quatre groupes en fonction de leur indice de résistance au cheminement (IRC) lorsqu'ils sont soumis à essai conformément à l'IEC 60112:

Groupe de matériaux I	$IRC \geq 600$
Groupe de matériaux II	$400 \leq IRC < 600$
Groupe de matériaux IIIa	$175 \leq IRC < 400$
Groupe de matériaux IIIb	$100 \leq IRC < 175$

Un matériau est inclus dans l'un de ces quatre groupes moyennant que l'ITC, vérifié selon la méthode de l'IEC 60112 à l'aide de la solution A, n'est pas inférieur à la valeur minimale spécifiée pour ce groupe.

Les valeurs spécifiées pour les groupes sont des valeurs de référence et sont basées sur la tension d'essai de l'IEC 60112.

NOTE La valeur d'ITC n'est pas fonction de la tension du système ou de la tension locale d'un module ou d'un système photovoltaïque.

L'essai d'indice de résistance au cheminement (IRC) conforme à l'IEC 60112 est conçu pour comparer les performances de divers matériaux isolants dans des conditions d'essai. Il fournit une comparaison qualitative et dans le cas de matériaux isolants ayant tendance au cheminement, il fournit aussi une comparaison quantitative.

4.16 Parties isolantes

4.16.1 Parties extérieures accessibles

Les parties extérieures accessibles en matériau isolant, dont la détérioration pourrait compromettre la sécurité de la boîte de jonction, doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- a) classe minimale d'inflammabilité V-1, conformément à l'IEC 60695-11-10. Ceci doit être démontré par une fiche technique du fournisseur du matériau, par un essai du produit final ou au moyen de plaques d'essai préparées. Voir 5.3.12.1;
Si l'épaisseur de la paroi est inférieure à 3,0 mm, la classe minimale d'inflammabilité 5-V conformément à l'IEC 60695-11-20 doit être réalisée sur le produit final. Voir 5.3.12.2;
- b) résistance aux intempéries, vérifiée par l'essai selon 5.3.11, suivi de l'essai au fil incandescent de 5.3.14 a);
- c) les exigences de résistance thermique selon 5.3.13 a) doivent être satisfaites.

4.16.2 Parties internes maintenant les parties actives en place

Les parties internes en matériau isolant et maintenant les parties actives en place doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- a) classe minimale d'inflammabilité HB, conformément à l'IEC 60695-11-10. Ceci doit être démontré par une fiche technique du fournisseur du matériau, par un essai du produit final ou au moyen de plaques d'essai préparées. Voir 5.3.12.1;
- b) l'essai selon 5.3.14 b) doit être satisfait;
- c) les exigences de résistance thermique de 5.3.13 b) doivent être satisfaites.

Les exigences du présent paragraphe s'appliquent également au matériau d'enrobage qui maintient les parties actives en place.

4.17 Parties conductrices et résistance à la corrosion

4.17.1 Les parties métalliques doivent être conçues de sorte que la corrosion ne doit pas compromettre la sécurité, du point de vue des caractéristiques électriques et mécaniques.

Toutes les parties conductrices doivent être en métal, de manière à assurer, en fonctionnement normal, une résistance mécanique suffisante, une conductivité électrique suffisante et une protection contre la corrosion suffisante.

4.17.2 En conditions ambiantes humides, les parties métalliques dont la différence de potentiel électrochimique est supérieure à 350 mV, conformément à l'IEC/TR 60943, ne doivent en aucun cas se toucher.

4.18 Étanchéité

Les garnitures et joints d'étanchéité ne doivent pas présenter de détérioration au terme de l'essai de vieillissement accéléré de 5.3.15.

4.19 Diode de dérivation

La diode de dérivation et la dissipation thermique mises en place pour limiter les effets néfastes du point chaud du module doivent être suffisantes pour le module.

Des diodes de dérivation parallèles sont autorisées si l'une de ces deux diodes est capable de conduire le courant assigné de la boîte de jonction sans dépasser la température de jonction maximale. Lorsque des diodes de dérivation fonctionnent en parallèle, elles doivent comporter un couplage thermique.

4.20 Entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique

Il doit être possible de retirer les entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique sans endommager la boîte.

Dans le cas des entrées (sorties) d'une ouverture défonçable pour les câbles, les éclats ou les bavures ne sont pas acceptés.

Dans le cas des entrées (sorties) d'une ouverture défonçable pour les conduits et/ou une utilisation avec un guide ou une membrane, les éclats et les bavures sont ignorés.

5 Essais

5.1 Généralités

5.1.1 Le programme d'essai comprend les essais de sécurité et les essais de qualification, comme indiqué dans les normes des composants et des modules et systèmes photovoltaïques.

5.1.2 Les essais doivent être réalisés dans l'ordre spécifié pour chaque groupe d'essais, en utilisant le nombre d'éprouvettes indiqué dans le Tableau 4. Il doit être utilisé pour chaque groupe d'essais un ensemble séparé de nouvelles éprouvettes.

Tableau 4 – Nombre d'éprouvettes

Essai	Description de l'éprouvette	Nombre
Groupe A	Éprouvette distincte, dotée de tous les marquages et composants.	1
Groupe B	Éprouvette distincte, dotée de tous les marquages et composants.	3
B3	Plaques d'essai en matériau polymère faisant office d'enveloppe et de polymères faisant office de support pour les parties métalliques actives, respectivement.	1
B6	Plaque d'essai supplémentaire en matériau d'enrobage, le cas échéant.	1
B10	Éprouvette montée sur la face arrière, enrobée (le cas échéant)	1 ^d
Groupe C	Éprouvette distincte, dotée de tous les marquages et composants.	1
Groupe D	Éprouvette distincte, dotée de tous les marquages et composants.	5
Groupe E	Éprouvette montée sur la face arrière adaptée avec un adhésif correspondant, enrobée (le cas échéant). Connexions aux cellules pliées et connectées comme indiqué en 5.2.5. Le câble prévu doit être connecté.	1 ^a
Groupe F	Éprouvette montée sur la face arrière adaptée avec un adhésif correspondant, enrobée (le cas échéant). Connexions aux cellules pliées et connectées comme indiqué en 5.2.5. Le câble prévu doit être connecté.	1 ^a
Groupe G	Éprouvette montée sur la face arrière adaptée avec un adhésif correspondant, enrobée (le cas échéant). Connexions aux cellules pliées et connectées comme indiqué en 5.2.5. Le câble prévu doit être connecté.	1 ^a
H1	Éprouvette montée sur la face arrière adaptée avec un adhésif correspondant, enrobée (le cas échéant). Connexions aux cellules pliées et connectées comme indiqué en 5.2.5. Le câble prévu doit être connecté.	1 ^{a, b, c}
I1	Éprouvettes préparées selon 5.2.6.	1 ^{a, b, c}
Groupe J	Éprouvette montée sur la face arrière adaptée avec un adhésif correspondant, enrobée (le cas échéant). Connexions aux cellules pliées et connectées comme indiqué en 5.2.5. Le câble prévu doit être raccordé.	1 ^a
^a S'il est prévu de monter la boîte de jonction sur plusieurs faces arrières et/ou de la fixer avec plusieurs adhésifs et/ou de l'enrober avec plusieurs matériaux d'enrobage, les essais doivent être réalisés selon toutes les combinaisons possibles avec le nombre correspondant d'éprouvettes. ^b S'il est prévu d'utiliser la boîte de jonction avec plusieurs types et/ou combinaisons de diodes de dérivation et/ou plusieurs courants assignés de boîte de jonction, les essais doivent être réalisés dans toutes les configurations possibles avec le nombre correspondant d'éprouvettes. ^c S'il est prévu d'enrober la boîte de jonction de sorte que les diodes de dérivation ne soient pas accessibles, les thermocouples doivent être fixés avant l'enrobage et après consultation de l'organisme d'essai. ^d S'il est prévu d'enrober la boîte de jonction de sorte que les diodes de dérivation ne soient pas accessibles, les thermocouples doivent être fixés avant l'enrobage.		

5.1.3 Les essais doivent être réalisés dans les conditions atmosphériques normales de l'IEC 60068-1, sauf spécification contraire dans le programme d'essai.

5.1.4 Les essais sur les extrémités doivent être réalisés sur trois extrémités par éprouvette, le cas échéant.

5.1.5 L'éprouvette est considérée non conforme à la présente norme si elle échoue à plus d'un essai, quel que soit le groupe d'essais. Si l'éprouvette échoue à l'un des essais, cet essai ainsi que les précédents qui peuvent avoir affecté les résultats, doivent être recommencés sur une nouvelle éprouvette, laquelle doit satisfaire à l'intégralité de la nouvelle série d'essais.

5.1.6 Sauf spécification contraire, il convient de réaliser tous les examens visuels à l'œil nu.

5.2 Préparation des éprouvettes

5.2.1 Les éprouvettes doivent être préalablement conditionnées, dans des conditions normales conformément à l'IEC 60068-1, avant essai, pendant une période de 24 h à $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

5.2.2 Les essais doivent être réalisés avec des conducteurs en cuivre, sauf spécification contraire du fabricant, et en utilisant le type de conducteur spécifié pour la boîte de jonction. Si les extrémités sont prévues pour tous les types de conducteur (à un seul brin, toronné et souple), les essais doivent être réalisés avec les conducteurs représentant le cas le plus défavorable.

5.2.3 Pour les connexions aux cellules, les conducteurs spécifiés par le fabricant doivent être connectés de manière à représenter le cas le plus défavorable. Pour certains essais, il est nécessaire de connecter électriquement les connexions aux cellules.

5.2.4 Sauf spécification contraire du fabricant, tous les organes de serrage à vis doivent être serrés au couple stipulé dans le Tableau 5, conformément à l'IEC 60999-1.

Tableau 5 – Valeurs des couples pour les organes de serrage à vis

Diamètre nominal de filetage mm	Valeurs des couples pour les vis métalliques et non métalliques			
	I Nm	II Nm	III Nm	IV Nm
$\leq 2,8$	0,2	0,4	0,4	0,7
$> 2,8$ jusqu'à 3,0	0,25	0,5	0,5	0,9
$> 3,0$ jusqu'à 3,2	0,3	0,6	0,6	1,1
$> 3,2$ jusqu'à 3,6	0,4	0,8	0,8	1,4
$> 3,6$ jusqu'à 4,1	0,7	1,2	1,2	1,8
$> 4,1$ jusqu'à 4,7	0,8	1,8	1,8	2,3
$> 4,7$ jusqu'à 5,3	0,8	2,0	2,0	4,0
$> 5,3$ jusqu'à 6,0	1,2	2,5	3,0	4,4
$> 6,0$ jusqu'à 8,0	2,5	3,5	6,0	4,7
$> 8,0$	3,0 ^a	4,0	10,0	5,0
^a Ou à préciser par le fabricant.				
La colonne I s'applique aux vis sans tête qui, si elles sont serrées, ne dépassent pas de l'orifice de la vis, ainsi qu'aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées au moyen d'un tournevis dont la lame est plus large que le diamètre de la vis. La colonne II s'applique aux écrous des dispositifs de serrage à capot taraudé serrés au moyen d'un tournevis. La colonne III s'applique aux vis et écrous autres que les écrous de dispositifs de serrage à capot taraudé, serrés par des moyens autres qu'un tournevis. La colonne IV s'applique aux vis serrées au moyen d'un tournevis cruciforme.				

5.2.5 Sauf spécification contraire dans le programme d'essai, tous les essais doivent être réalisés sur l'éprouvette entièrement montée conformément aux instructions du fabricant.

Un nombre suffisant d'éprouvettes doit être collé sur une surface de montage en fonctionnement normal. La surface de montage doit être composée du même matériau que le matériau de la face arrière du module sur lequel il est prévu de fixer la boîte. S'il est prévu de fixer la boîte avec plusieurs adhésifs sur les faces arrières, un nombre suffisant d'éprouvettes doit être soumis à essai pour chaque matériau. Les essais doivent être réalisés avec le

nombre maximal spécifié de diodes de dérivation disposées pour représenter le cas le plus défavorable.

Les connexions aux cellules doivent être repliées et fixées de sorte qu'une connexion conductrice touche la surface de montage. Pour certains essais, il est nécessaire de connecter électriquement les connexions aux cellules.

5.2.6 Pour l'essai de courant inverse, les éprouvettes doivent être montées sur la face arrière correspondante avec l'adhésif adapté, enrobée (le cas échéant). Les bornes des connexions aux cellules doivent être court-circuitées avec des conducteurs ayant la section maximale spécifiée par le fabricant. Le câble prévu doit être connecté et les diodes de blocage doivent être court-circuitées.

5.3 Réalisation des essais

5.3.1 Généralités

Selon le programme d'essai donné en 5.4, les méthodes d'essai générales spécifiées dans les Tableaux 8 à 15 doivent être appliquées.

5.3.2 Durabilité du marquage

L'essai de durabilité du marquage doit être réalisé dans des conditions humides, conformément à l'essai Xb (effacement des marquages) de l'IEC 60068-2-70. Pour le piston d'essai, la taille 1 doit être utilisée et le liquide d'essai doit être de l'eau. Une force de 5 N doit être appliquée pendant 10 cycles.

À l'issue de l'essai, le marquage doit demeurer lisible.

Cet essai doit également être réalisé sur une étiquette supplémentaire (le cas échéant) portant l'avertissement spécifié en m) de 4.2.1, le cas échéant.

L'essai ne doit pas être réalisé sur des marquages imprimés.

5.3.3 Fixation du couvercle sur une boîte de jonction démontable

5.3.3.1 Généralités

Les essais conformes à 5.3.3.2 et 5.3.3.3 doivent être réalisés sur une éprouvette qui a déjà réussi les séquences d'essais des groupes d'essais E et F.

5.3.3.2 Couvercle fixé par vis

Les vis permettant de fixer le couvercle doivent être serrées et desserrées:

- 10 fois dans le cas d'une vis métallique entrant dans le matériau isolant fileté;
- 5 fois dans le cas des autres vis.

Les vis et écrous entrant dans le matériau isolant fileté et les vis en matériau isolant sont à retirer, puis à réinsérer complètement à chaque fois. L'essai doit être réalisé à l'aide d'un tournevis ou d'un outil adapté appliquant un couple indiqué dans le Tableau 5. Il est possible d'utiliser des couples plus élevés si le fabricant l'a spécifié.

Aucun dommage, comme la rupture de la vis, l'endommagement de la fente de la tête de vis (le tournevis approprié ne pouvant plus être utilisé) ou l'endommagement des filetages ou de l'enveloppe risquant de compromettre l'utilisation des moyens de fixation, ne doit être constaté pendant l'essai. Les vis ne doivent pas être serrées de manière saccadée.

5.3.3.3 Fixation sans vis du couvercle

Les enveloppes doivent être soumises à essai avec le calibre d'essai 11, conformément à l'IEC 61032, appliqué pendant une minute avec une force de 75 N sur toutes les zones où cette force est susceptible de provoquer le desserrage du couvercle. Pendant l'essai, le couvercle ne doit pas s'enlever.

Toutefois, le couvercle doit s'enlever sans dommage en utilisant un outil adapté, comme décrit dans la spécification du fabricant.

5.3.4 Protection contre les chocs électriques

5.3.4.1 La boîte de jonction doit être soumise à essai en utilisant le calibre d'essai 11, conformément à l'IEC 61032, en appliquant une force d'essai de 20 N. Pour cet essai, tous les capots et enveloppes qui peuvent être retirés sans l'usage d'un outil doivent être retirés. Les parties actives doivent être inaccessibles.

5.3.4.2 Les essais correspondants permettant de vérifier le code IP spécifié conformément à l'IEC 60529 doivent être réalisés sur l'éprouvette conformément à 5.2.5, avec des câbles connectés et/ou des fiches couplées et des connexions aux cellules en place. Les joints doivent être soumis à l'essai de vieillissement conformément à 5.3.15.

5.3.5 Mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être mesurées conformément à l'IEC 60664-1.

5.3.6 Rigidité diélectrique

Pour vérifier l'isolation, les essais suivants sont applicables:

a) Essai de tension de tenue aux chocs:

l'essai de tension de tenue aux chocs doit être réalisé à une tension de forme d'onde 1,2/50 μ s, conformément à l'IEC 60060-1, en appliquant trois tensions de choc de chaque polarité et à un intervalle d'au moins 1 s entre impulsions. L'impédance de sortie du générateur d'impulsions ne doit pas être supérieure à 500 Ω . La tension d'essai doit être conforme à la tension de choc assignée, en tenant compte des exigences de l'IEC 60664-1.

b) Essai de tension de tenue efficace:

l'essai de tension de tenue doit être réalisé en appliquant une tension de tenue (50 Hz/60 Hz) d'une valeur efficace de 1 000 V plus 2 fois la tension assignée pour l'isolation principale et du double de cette valeur pour la double isolation et l'isolation renforcée. L'essai doit durer 1 min.

Pour a) comme pour b), il est nécessaire d'appliquer la tension d'essai entre les bornes de sortie court-circuitées et une feuille métallique qui enveloppe l'éprouvette après conditionnement approprié.

5.3.7 Résistance à la corrosion

Les parties métalliques des boîtes et enveloppes doivent être correctement protégées contre la corrosion.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant:

Les parties soumises à essai doivent être dégraissées par immersion dans un produit dégraissant pendant (10 ± 1) min. Elles sont ensuite immergées pendant (10 ± 1) min dans une solution aqueuse à 10 % de chlorure d'ammonium à une température de (20 ± 5) °C.

Sans séchage, mais après avoir retiré les gouttelettes, les parties sont placées pendant (10 ± 1) min dans une boîte contenant de l'air à un taux d'humidité relative compris entre 91 % et 95 % et à une température de (20 ± 5) °C.

Après avoir séché les parties pendant (10 ± 1) min dans une étuve à une température de (100 ± 5) °C, leur surface ne doit présenter aucun signe de corrosion.

NOTE Les traces de corrosion présentes sur les arêtes vives et le film jaunâtre qu'il est possible de retirer par frottement sont ignorés.

5.3.8 Résistance mécanique à des températures inférieures

Avant les essais, les éprouvettes sont conditionnées pendant 5 h à une température de -40 °C sur une plaque d'acier de 20 mm d'épaisseur. Les essais sont réalisés immédiatement après la période de stockage en chambre froide.

L'essai doit être réalisé conformément au mode opératoire suivant:

Quatre chocs sur l'éprouvette, d'une énergie de 1 J par choc au moyen d'un appareillage d'essai de choc approprié, conforme à l'IEC 60068-2-75, doivent être appliqués en quatre points répartis de manière uniforme sur la circonférence.

L'essai est réussi s'il n'y a aucun dommage évident qui risquerait de compromettre la fonction de la boîte de jonction. Les lignes de fuite et les distances d'isolement, ainsi que l'isolation solide, ne doivent pas être compromises.

5.3.9 Essai de cycle thermique (IEC 60068-2-14:2009, Essai Nb)

5.3.9.1 Les éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.2.5 avec des connexions aux cellules en place et court-circuitées.

Avant la réalisation du cycle thermique, il est nécessaire de mesurer la résistance de contact initiale conformément à 5.3.19. Suite aux essais d'environnement et aux essais suivants de rigidité diélectrique de la séquence d'essais E, il est nécessaire d'effectuer à nouveau ce mesurage.

L'essai doit être réalisé dans une enceinte climatique. Un cycle thermique conforme à la Figure 1 doit être réalisé. Voir 5.3.9.2 et 5.3.9.3 pour le nombre de cycles.

Le temps de transfert entre les températures supérieure et inférieure ne doit pas dépasser 100 °C/h. Ces températures supérieure et inférieure doivent être maintenues pendant au moins 10 min, après l'équilibre thermique de l'éprouvette.

Pendant l'essai de cycle thermique, le courant assigné doit être appliqué de sorte à être conduit par chaque extrémité conformément à 5.3.19.

5.3.9.2 Le nombre de cycles de la séquence d'essais E est de 200.

5.3.9.3 Le nombre de cycles de la séquence d'essais G est de 50.

5.3.10 Essai de chaleur humide

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.2.5 avec des connexions aux cellules en place et court-circuitées.

Au cours de cet essai, il est nécessaire de placer dans l'enceinte climatique la plaque d'essai sur laquelle est montée la boîte de jonction et d'appliquer verticalement une masse de 5 N.

L'essai doit être réalisé conformément à l'IEC 60068-2-78, dans les conditions d'essai suivantes:

- Température d'essai: température maximale de fonctionnement, minimale ($+ 85 \pm 2$) °C;
- Humidité relative: ($+ 85 \pm 5$) %;
- Durée de l'essai: 1 000 h.

5.3.11 Essai de résistance aux intempéries

L'essai de résistance aux intempéries doit être réalisé sur les éprouvettes adaptées et sur l'étiquette conformément aux exigences de l'ISO 4892-2 ou de l'ISO 4892-3, dans les conditions suivantes:

- éclairage spectral: minimum 60 W/m²;
- bande passante: 300 nm à 400 nm;
- température normale noire (BST): 65 °C;
- humidité relative: 65 %;
- cycles: 18 min de pulvérisation, 102 min de séchage à la lampe au xénon ou équivalente;
- durée: 500 h.

5.3.12 Classe d'inflammabilité

5.3.12.1 L'essai doit être réalisé conformément à la classe d'inflammabilité V-1 de l'IEC 60695-11-10, pour les parties extérieures accessibles, et à la classe d'inflammabilité HB de l'IEC 60695-11-10 pour les parties internes, sur un échantillon de matériau adapté.

5.3.12.2 L'essai doit être réalisé conformément à la classe d'inflammabilité 5V de l'IEC 60695-11-20 sur le produit final.

Il est nécessaire d'installer la boîte de jonction montée et fermée dans la position indiquée à la Figure 5. Il est nécessaire d'appliquer la flamme à tous les emplacements extérieurs où, dans certaines zones (là où est montée une extrémité de la boîte, par exemple), un amorçage d'arc pourrait provoquer un allumage.

Le résultat est évalué conformément à la classe d'inflammabilité 5VB.

5.3.13 Essai à la bille

L'essai doit être réalisé dans une étuve conformément à l'IEC 60695-10-2, à l'une des températures suivantes

- a) (90 ± 2) °C pour les matériaux externes assurant la protection contre les chocs électriques,
- b) (125 ± 2) °C pour les matériaux servant de support aux parties métalliques actives.

5.3.14 Essai au fil incandescent

L'essai au fil incandescent doit être réalisé conformément à l'IEC 60695-2-11. La température d'essai est de

- a) 650 °C pour les matériaux externes assurant la protection contre les chocs électriques,
- b) 750 °C pour les matériaux nécessaires au maintien en place des parties conductrices et les matériaux d'enrobage, le cas échéant.

5.3.15 Résistance au vieillissement

Les joints d'étanchéité (les joints polymères séparés, par exemple) doivent être séparés de la boîte de jonction ou du couvercle et doivent être placés dans une étuve pendant 240 h à $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, puis refroidis pendant 16 h à température ambiante.

Les joints d'étanchéité inséparables de la boîte de jonction ou du couvercle doivent être soumis à essai avec la boîte de jonction ou le couvercle.

Après remise en place du joint d'étanchéité sur le couvercle ou la boîte de jonction, il est nécessaire de fermer et d'ouvrir le couvercle 10 fois.

La conformité doit être contrôlée par vérification du code IP, conformément à l'IEC 60529.

5.3.16 Essai de courant de fuite en milieu humide

5.3.16.1 Généralités

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.2.5 avec des connexions aux cellules en place et court-circuitées.

5.3.16.2 Appareillage d'essai

- a) Une cuvette ou un réservoir de taille suffisante pour recevoir l'éprouvette, qui doit être placée dans l'eau/la solution de produit mouillant en position horizontale, à plat.
- b) La cuvette ou le réservoir doit contenir l'eau/la solution de produit mouillant satisfaisant aux exigences suivantes:
 - résistivité: $3\,500\,\Omega\,\text{cm}$ ou moins;
 - température: $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$.La hauteur de la solution doit être suffisante pour couvrir toutes les surfaces entre la surface de montage et la boîte.
- c) Équipement de pulvérisation contenant la même solution.
- d) Source de tension en courant continu à limitation de courant, capable d'appliquer 500 V ou la tension maximale assignée spécifiée par le fabricant, suivant celle qui est la plus élevée.
- e) Dispositif permettant de mesurer la résistance d'isolement.

5.3.16.3 Mode opératoire

Toutes les connexions doivent être représentatives de l'installation de câblage recommandée et des précautions doivent être prises pour garantir l'absence de courant de fuite depuis le câblage du dispositif de mesure.

- a) Immerger l'éprouvette dans le réservoir contenant la solution requise, à une profondeur suffisante pour couvrir toutes les surfaces entre la surface de montage et la boîte. Les entrées de câble et les connecteurs doivent être enduits de solution, le cas échéant.
- b) Connecter les bornes de sortie court-circuitées de l'éprouvette d'essai à la borne positive de l'appareil d'essai. Connecter la solution d'essai liquide à la borne négative de l'appareil d'essai à l'aide d'un conducteur métallique adapté.
- c) Augmenter la tension appliquée par l'appareil d'essai à une vitesse ne dépassant pas $500\,\text{V}\,\text{s}^{-1}$ jusqu'à 500 V ou la tension maximale assignée spécifiée par le fabricant, suivant celle qui est la plus élevée. Ensuite, déterminer la résistance d'isolement.
- d) Ramener la tension appliquée à zéro et court-circuiter les bornes de l'appareil d'essai afin de décharger l'amorçage en tension du montage d'essai.

5.3.17 Essai humidité-gel

5.3.17.1 Généralités

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.2.5 avec des connexions aux cellules en place et court-circuitées.

5.3.17.2 Appareillage

- a) Une enceinte climatique à contrôle automatique de la température et de l'humidité, capable de soumettre une ou plusieurs éprouvettes au cycle humidité-gel indiqué dans la Figure 2.
- b) Moyens de montage ou de support de l'éprouvette dans l'enceinte, de manière à assurer la libre circulation de l'air ambiant. La conduction thermique du montage ou du support doit être faible, de sorte que, pour des raisons pratiques, l'éprouvette soit isolée d'un point de vue thermique.

5.3.17.3 Mode opératoire

- a) Fixer un capteur de température adapté à la surface avant ou arrière de la/des éprouvette(s), à proximité de leur centre.
- b) Installer la/les éprouvette(s) dans l'enceinte climatique à température ambiante.
- c) Fermer l'enceinte, puis soumettre la/les éprouvette(s) à 10 cycles complets, conformément au profil de la Figure 2. Les températures maximale et minimale doivent être égales aux niveaux spécifiés, à ± 2 °C près, et l'humidité relative doit être maintenue à la valeur spécifiée, à ± 5 °C près, pour toutes les températures supérieures à la température ambiante.
- d) Tout au long de l'essai, enregistrer la température de l'éprouvette.
- e) La/les éprouvettes(s) sont ensuite stockées à température ambiante pendant un temps de récupération compris entre 2 h et 4 h.

5.3.17.4 Mesures finales

Un examen visuel et l'essai de tension de tenue efficace selon 5.3.6 b) doivent être réalisés. Pour réaliser l'essai de tension de tenue, envelopper les bords de la/des éprouvette(s) d'une feuille conductrice.

5.3.18 Essai thermique de la diode de dérivation

5.3.18.1 Généralités

Les éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.2.5.

5.3.18.2 Appareillage

- a) Moyens d'amener la température ambiante de l'éprouvette à (75 ± 5) °C.
- b) Moyens de mesurer et d'enregistrer la température de la/des éprouvette(s) à ± 1 °C près.
- c) Moyens de mesurer la température des diodes de dérivation fournies avec la boîte de jonction et de mesurer la température du matériau isolant. Il convient de veiller à limiter le plus possible toute altération des propriétés de la diode ou de sa voie de transfert de chaleur.
- d) Moyens d'appliquer un courant égal à 1,25 fois le courant assigné de la boîte de jonction en essai, et moyens de surveiller la circulation du courant passant par l'éprouvette tout au long de l'essai.

5.3.18.3 Mode opératoire

- a) Fonctionnement des diodes dans le sens de circulation du courant.
- b) Connecter les fils du calibre de fil minimal recommandé par le fabricant aux bornes de sortie de la boîte de jonction.

NOTE Les circuits de diode de dérivation de certaines boîtes se chevauchent. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'installer un câble de liaison afin d'assurer la circulation de l'ensemble du courant par une même diode de dérivation.

- c) Chauffer l'éprouvette de sorte que la température ambiante de l'enceinte soit de $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Appliquer un courant à l'éprouvette égal au courant assigné $\pm 2 \%$ de la boîte de jonction. Au bout d'une heure, mesurer la température de chaque diode de dérivation et du matériau isolant, à l'endroit où la température la plus élevée est attendue. À l'aide des informations fournies par le fabricant de la diode, calculer la température de jonction à partir de la température mesurée du boîtier ou du conducteur et de la puissance dissipée dans la diode. Utiliser les formules suivantes:

$$T_j = T_{\text{case}} + R_{\text{THjc}} \times U_D \times I_D, \text{ ou}$$

$$T_j = T_{\text{lead}} + R_{\text{THjl}} \times U_D \times I_D$$

où

T_j est la température de jonction de la diode;

T_{case} est la température mesurée du boîtier de la diode;

T_{lead} est la température mesurée du conducteur de la diode;

R_{THjc} est la valeur, indiquée par le fabricant, de la température de jonction par rapport à la température du boîtier;

R_{THjl} est la valeur, indiquée par le fabricant, de la température de jonction par rapport à la température du conducteur;

U_D est la tension de la diode;

I_D est le courant de la diode.

Si le fabricant de la diode a indiqué une autre valeur de R_{TH} en tant que R_{THjc} , cette valeur est à insérer dans la formule, et le capteur thermique doit être fixé à l'emplacement indiqué. La température de jonction de la diode ne doit pas dépasser la température de jonction maximale assignée du fabricant de cette diode.

- d) Augmenter le courant appliqué jusqu'à 1,25 fois le courant assigné de la boîte de jonction, tout en maintenant la température ambiante de l'éprouvette à $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Maintenir la circulation du courant pendant une heure. Après cela, la diode doit encore être opérationnelle et il ne doit pas y avoir de défauts visuels majeurs, notamment:

- les parties conductrices ne sont pas maintenues en place,
- déformation des parties isolantes servant de protection contre les chocs électriques,
- autre déformation des parties isolantes susceptible de compromettre la sécurité ou la fonction de la boîte de jonction.

5.3.19 Essai des extrémités et méthodes de connexion

Toutes les extrémités et méthodes de connexion doivent être soumises à essai conformément aux normes IEC correspondantes énumérées en 4.4.

La résistance de contact est à mesurer pour toutes les extrémités et méthodes de connexion des câbles et câbles plats extérieurs, avant et après les essais d'environnement et les essais de rigidité diélectrique qui leur font suite dans la séquence d'essais E.

La résistance de contact doit être mesurée entre le câble extérieur et le câble plat correspondant, comme cela est indiqué à la Figure 6, par application d'un courant continu de 1 A. Il est nécessaire de mesurer la chute de tension et de calculer la résistance de contact. Il faut reporter les valeurs obtenues dans la liste des valeurs de résistance de référence, qui ne doivent pas dépasser 5 mΩ. Après la réalisation des essais de cycle thermique et des essais de rigidité diélectrique qui leur font suite, le mesurage de la résistance de contact doit être effectué à nouveau comme cela est stipulé ci-dessus. Les valeurs ainsi obtenues ne doivent pas dépasser la résistance de référence de plus de 150 %.

Les connecteurs internes doivent satisfaire aux exigences des essais correspondants de l'IEC 62852. Le nombre de cycles thermiques (choc thermique) de l'IEC 62852 doit être de 800.

5.3.20 Entrées (sorties) d'une ouverture défonçable destinées à être retirées par impact mécanique

5.3.20.1 Maintien de l'ouverture défonçable

5.3.20.1.1 Mode opératoire

Pour les boîtes et enveloppes dont les ouvertures défonçables sont accessibles après l'installation, une force de (45 ± 1) N doit être appliquée à une ouverture défonçable pendant (15 ± 1) s au moyen d'un mandrin de 6 mm de diamètre à extrémité plate. La force doit être appliquée sans à-coup dans le sens perpendiculaire au plan de l'ouverture défonçable et en un point le plus susceptible d'engendrer le mouvement.

5.3.20.1.2 Exigence

L'ouverture défonçable doit rester en place et le degré de protection de l'enveloppe ne doit pas changer lors de la mesure 1 h après la fin d'application de la force.

5.3.20.2 Retrait de l'ouverture défonçable

5.3.20.2.1 Mode opératoire

Les ouvertures défonçables doivent être retirées à l'aide d'un outil, comme indiqué par le fabricant. Le bord d'un tournevis peut être appliqué le long de l'arête de l'ouverture défonçable pour retirer toutes les languettes fragiles encore présentes le long de l'arête.

L'essai est répété avec une boîte ou enveloppe conditionnée pendant $5 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ à l'air maintenu à la température de $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Immédiatement après ce conditionnement, l'ouverture défonçable est à retirer comme indiqué ci-dessus. Pour une boîte et une enveloppe ayant des ouvertures défonçables de plusieurs diamètres, une ouverture de grand diamètre ne doit pas se déplacer en cas de retrait d'une ouverture plus petite.

5.3.20.2.2 Exigence

À l'issue de l'essai, il ne doit rester aucune arête vive, sauf pour les entrées (sorties) d'ouverture défonçable pour les conduits et/ou une utilisation avec un guide ou une membrane. La boîte et l'enveloppe ne doivent pas être endommagées.

5.3.21 Essai du serre-cordon

5.3.21.1 Boîtes de jonction destinées à être utilisées avec des câbles spécifiés par le fabricant

Pour les boîtes de jonction destinées à être utilisées avec les câbles spécifiés par le fabricant, les essais doivent être réalisés selon les indications du fabricant.

Le câble non chargé doit être marqué de manière à pouvoir aisément détecter tout déplacement par rapport au presse-étoupe.

Le câble est tiré pendant 1 s, 50 fois, sans secousse, dans la direction de l'axe et avec une force adaptée spécifiée dans le Tableau 6.

À l'issue de cette période, le déplacement ne doit pas dépasser 2 mm. Ce mesurage doit être réalisé après la fin de l'application de la force sur le câble.

Ensuite, l'éprouvette doit être montée dans l'appareillage d'essai permettant de réaliser l'essai de torsion.

Le câble non chargé doit être marqué de manière à pouvoir aisément détecter toute torsion par rapport au presse-étoupe, puis un couple spécifié dans le Tableau 7 doit être appliqué pendant 1 min.

Pendant l'essai, la torsion ne doit pas dépasser 45°.

5.3.21.2 Boîtes de jonction destinées à être utilisées avec des câbles génériques

Un mandrin d'essai équivalent à la valeur minimale de la plage de fixation du presse-étoupe spécifiée par le fabricant ou le fournisseur, ayant l'épaisseur de manchon indiquée au Tableau 6, doit être fixé à l'échantillon.

Le mandrin d'essai non chargé doit être marqué de manière à pouvoir aisément détecter tout déplacement par rapport au presse-étoupe. .

La traction doit être appliquée au mandrin d'essai pendant une durée de 1 s, 50 fois, sans secousse, selon l'axe et avec une force adaptée indiquée au Tableau 6.

À l'issue de cette période, le déplacement ne doit pas dépasser 2 mm. Ce mesurage doit être réalisé après la fin de l'application de la force sur le mandrin d'essai.

Sauf spécification contraire, les mandrins d'essai doivent être composés d'une tige métallique munie d'un manchon en élastomère d'une dureté de 70 Shore D $\pm$ 10 points, conformément à l'ISO 868, et de l'épaisseur indiquée au Tableau 6 ou au Tableau 7. L'ensemble du mandrin d'essai doit présenter une tolérance de $\pm$ 0,2 mm pour des mandrins de 16 mm de diamètre au maximum, et de $\pm$ 0,3 mm pour les mandrins de diamètre supérieur à 16 mm. La forme doit être circulaire ou de profil simulant la dimension extérieure du câble spécifiée par le fabricant ou le fournisseur.

Tableau 6 – Forces de traction du serre-cordon

Diamètre du câble mm	Force de traction N	Épaisseur de manchon minimale du mandrin d'essai mm
Jusqu'à 4	–	1 ^a
> 4 à 8	30	1
> 8 à 11	42	2
> 11 à 16	55	2
> 16 à 23	70	2
> 23 à 31	80	2
> 31 à 43	90	2
> 43 à 55	100	2
> 55	115	2
^a Pour les diamètres de câble de 4 mm au maximum, un mandrin non métallique adapté peut être utilisé.		

NOTE 1 La Figure 3 illustre un montage classique d'essai de traction.

Ensuite, l'éprouvette doit être montée dans l'appareillage d'essai permettant de réaliser l'essai de torsion.

Le câble non chargé doit être marqué de manière à pouvoir aisément détecter toute torsion par rapport au presse-étoupe, puis un couple spécifié dans le Tableau 7 est appliqué pendant 1 min.

Pendant l'essai, la torsion ne doit pas dépasser 45°.

L'essai de torsion doit être réalisé à l'aide d'un mandrin d'essai équivalent à la valeur maximale de la plage de fixation du presse-étoupe, selon les spécifications du fabricant ou du fournisseur, avec un couple adapté au diamètre maximal du câble tel qu'il est indiqué au Tableau 7.

NOTE 2 La Figure 4 illustre un montage classique d'essai de torsion.

Tableau 7 – Valeurs de l'essai de torsion

Diamètre du câble mm	Couple Nm	Épaisseur de manchon minimale du mandrin d'essai mm
> 4 à 8	0,10	1
> 8 à 11	0,15	2
> 11 à 16	0,35	2
> 16 à 23	0,60	2
> 23 à 31	0,80	2
> 31 à 43	0,90	2
> 43 à 55	1,00	2
> 55	1,20	2

5.3.22 Maintien sur la surface de montage

5.3.22.1 Les essais de 5.3.22.2 et 5.3.22.3 doivent être réalisés sur une éprouvette qui a réussi les séquences d'essais des groupes d'essai E et F. Pendant l'essai, la boîte de jonction ne doit pas se déplacer au niveau de la surface de montage au risque de compromettre les caractéristiques isolantes.

L'essai doit être réalisé conformément aux exigences de 5.2.5.

5.3.22.2 Une force de 40 N doit être progressivement augmentée et appliquée pendant 30 min dans toutes les directions, par pas de 90°, parallèlement à la surface de montage.

5.3.22.3 Une force de 40 N doit être progressivement augmentée et appliquée pendant 30 min, sans secousse, dans une direction perpendiculaire à la surface de montage.

Il convient d'appliquer la force de traction au point central de la boîte.

5.3.23 Essai de courant inverse au niveau de la boîte de jonction

5.3.23.1 Appareillage

- Moyens d'amener l'éprouvette à la limite supérieure de la température ambiante assignée.
- Moyens d'appliquer un courant égal au courant inverse de la boîte de jonction en essai.
- Gaze conforme à la série IEC 60695.

5.3.23.2 Mode opératoire

- Toutes les diodes de blocage doivent être court-circuitées.