

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Low-voltage surge protective devices –  
Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations**

**Parafoudres basse tension –  
Partie 31: Parafoudres pour usage spécifique y compris en courant continu –  
Exigences et méthodes d'essai des parafoudres pour installations  
photovoltaïques**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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](http://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 - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://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](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

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

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@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](http://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 - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://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](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

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

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Low-voltage surge protective devices –  
Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations**

**Parafoudres basse tension –  
Partie 31: Parafoudres pour usage spécifique y compris en courant continu –  
Exigences et méthodes d'essai des parafoudres pour installations  
photovoltaïques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.240.01; 29.240.10

ISBN 978-2-8322-5211-6

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

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| FOREWORD.....  | 5  |
| INTRODUCTION.....  | 7  |
| 1 Scope.....   | 8  |
| 2 Normative references .....   | 8  |
| 3 Terms, definitions, acronyms and symbols.....  | 9  |
| 3.1 Terms and definitions.....   | 9  |
| 3.2 Acronyms / Symbols .....   | 16 |
| 4 Service conditions .....   | 17 |
| 4.1 Voltage .....  | 17 |
| 4.2 Air pressure and altitude .....  | 17 |
| 4.3 Temperatures .....   | 17 |
| 4.4 Humidity .....   | 18 |
| 5 Classification.....  | 18 |
| 5.1 General.....   | 18 |
| 5.2 SPD design.....  | 18 |
| 5.3 Class I, II and III tests .....  | 18 |
| 5.4 Location.....  | 18 |
| 5.4.1 Indoor.....  | 18 |
| 5.4.2 Outdoor .....  | 18 |
| 5.5 Accessibility.....   | 18 |
| 5.5.1 Accessible .....   | 18 |
| 5.5.2 Inaccessible .....   | 18 |
| 5.6 Disconnectors (including overcurrent protection).....                              | 18 |
| 5.7 Degree of protection provided by enclosures according to IP-code of IEC 60529..... | 19 |
| 5.8 Temperature and humidity range.....  | 19 |
| 5.9 Multipole SPD .....  | 19 |
| 5.10 SPD failure mode.....   | 19 |
| 5.11 PV earthing system.....   | 19 |
| 6 Requirements .....   | 19 |
| 6.1 General requirements .....   | 19 |
| 6.1.1 Identification.....  | 19 |
| 6.1.2 Marking .....  | 21 |
| 6.2 Electrical requirements .....  | 21 |
| 6.2.1 Protection against direct contact.....   | 21 |
| 6.2.2 Residual current $I_{PE}$ .....  | 21 |
| 6.2.3 Voltage protection level $U_p$ .....   | 21 |
| 6.2.4 Operating duty.....  | 21 |
| 6.2.5 Disconnectors and status indicators.....   | 22 |
| 6.2.6 Insulation resistance.....   | 23 |
| 6.2.7 Dielectric withstand .....   | 23 |
| 6.2.8 Continuous current $I_{CPV}$ .....   | 23 |
| 6.2.9 Total discharge current $I_{Total}$ (for multipole SPDs).....                    | 23 |
| 6.3 Mechanical requirements .....  | 23 |
| 6.3.1 Mounting .....   | 23 |
| 6.3.2 Screws, current carrying parts and connections .....                             | 23 |

|                       |   |    |
|-----------------------|---|----|
| 6.3.3                 | External connections .....  | 23 |
| 6.3.4                 | Air clearances and creepage distances.....  | 24 |
| 6.3.5                 | Mechanical strength.....  | 24 |
| 6.4                   | Environmental and material requirements .....   | 24 |
| 6.4.1                 | General .....   | 24 |
| 6.4.2                 | Life test under damp heat .....   | 24 |
| 6.4.3                 | Electromagnetic compatibility .....   | 24 |
| 6.5                   | Additional requirements for specific SPD designs .....  | 25 |
| 6.5.1                 | One-port SPDs with separate input/output terminals – Rated load<br>current $I_L$ .....                                      | 25 |
| 6.5.2                 | Environmental tests for outdoor SPDs .....  | 25 |
| 6.5.3                 | SPDs with separate isolated circuits .....  | 25 |
| 6.6                   | Additional parameter if declared by the manufacturer – Maximum discharge<br>current $I_{max}$ .....                         | 25 |
| 7                     | Type tests .....  | 25 |
| 7.1                   | General.....  | 25 |
| 7.2                   | Testing procedures .....  | 26 |
| 7.2.1                 | General .....   | 26 |
| 7.2.2                 | Test impulses .....   | 30 |
| 7.2.3                 | Characteristics of power sources for testing.....   | 30 |
| 7.3                   | Indelibility of markings .....  | 32 |
| 7.4                   | Electrical tests .....  | 32 |
| 7.4.1                 | Residual current $I_{PE}$ .....   | 32 |
| 7.4.2                 | Operating duty test .....   | 33 |
| 7.4.3                 | Disconnectors and safety performance of overstressed SPDs.....  | 37 |
| 7.4.4                 | SPD failure mode behaviour test .....   | 38 |
| 7.4.5                 | Dielectric withstand .....  | 41 |
| 7.4.6                 | Continuous current $I_{CPV}$ .....  | 42 |
| 7.5                   | Mechanical tests .....  | 42 |
| 7.5.1                 | Verification of air clearances and creepage distances.....  | 42 |
| 7.5.2                 | Pass criteria .....   | 42 |
| 7.6                   | Environmental and material tests .....  | 45 |
| 7.6.1                 | Life test under damp heat .....   | 45 |
| 7.6.2                 | Pass criteria .....   | 45 |
| 7.7                   | Additional tests for specific SPD designs .....   | 46 |
| 7.7.1                 | Test for one-port SPDs with separate input/output terminals.....  | 46 |
| 7.7.2                 | Environmental tests for outdoor SPDs .....  | 46 |
| 7.7.3                 | SPDs with separate isolated circuits .....  | 46 |
| 8                     | Routine and acceptance tests.....   | 46 |
| 8.1                   | Routine tests.....  | 46 |
| 8.2                   | Acceptance tests .....  | 47 |
| Annex A (normative)   | Tests to determine the presence of a voltage-switching<br>component and the magnitude of the follow current of an SPD ..... | 48 |
| A.1                   | General.....  | 48 |
| A.2                   | Test to determine the presence of a voltage-switching component .....   | 48 |
| A.3                   | Test to determine the magnitude of the follow current .....   | 48 |
| Annex B (informative) | Transient behaviour of the PV test source .....   | 49 |
| B.1                   | Transient behaviour of the PV test source according to 7.2.3.1 .....  | 49 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| B.2        | Test setup using a semiconductor switch to determine the transient behaviour of a PV test source .....   | 49 |
| B.3        | Alternative test setup using a fuse .....  | 50 |
|            | Bibliography.....  | 53 |
|            |  |    |
| Figure 1   | – I/U characteristics .....  | 31 |
| Figure 2   | – Flow chart of the operating duty test .....  | 33 |
| Figure 3   | – Example of test setup for operating duty test.....   | 34 |
| Figure 4   | – Operating duty test timing diagram for test classes I and II .....   | 35 |
| Figure 5   | – Additional duty test timing diagram for test class I.....  | 36 |
| Figure 6   | – Operating duty test timing diagram for test class III.....   | 36 |
| Figure 7   | – Example of sample preparation for SPD failure mode behaviour test.....   | 39 |
| Figure B.1 | – Test setup using an adjustable semiconductor switch to determine the transient behaviour of a PV test source.....  | 49 |
| Figure B.2 | – Time behaviour of voltage and current during disconnection operating time of a semiconductor switch at a PV-source $I_{SC} = 4$ A, open-circuit voltage = 640 V..... | 49 |
| Figure B.3 | – Semiconductor disconnection behaviour (normalized) with intersection point $i(t) / u(t)$ .....   | 50 |
| Figure B.4 | – I/U-characteristic of the PV test source calculated from the normalized current and voltage records in Figure B.3 .....  | 50 |
| Figure B.5 | – Test setup using a fuse to determine the transient behaviour of a PV test source .....   | 51 |
| Figure B.6 | – Normalized disconnection behaviour during operation of a fuse rated $0,1 \times I_{SCPV}$ at a PV test source with intersection point $i(t)$ and $u(t)$ .....        | 51 |
| Figure B.7 | – I/U-characteristic of the PV test source calculated from the normalized current and voltage records in Figure B.6 .....  | 52 |
|            |  |    |
| Table 1    | – List of acronyms and symbols .....   | 17 |
| Table 2    | – Compliant termination and connection methods.....  | 24 |
| Table 3    | – Environmental and material requirements.....   | 24 |
| Table 4    | – Type test requirements for SPDs.....   | 28 |
| Table 5    | – Common pass criteria for type tests .....  | 29 |
| Table 6    | – Specific power source characteristics for operating duty tests .....   | 31 |
| Table 7    | – Specific power source characteristics for failure mode tests .....   | 32 |
| Table 8    | – Dielectric withstand .....   | 41 |
| Table 9    | – Air clearances for SPDs .....  | 43 |
| Table 10   | – Creepage distances for SPDs.....   | 44 |
| Table 11   | – Relationship between material groups and classifications.....  | 45 |
| Table 12   | – Test conductors for rated load current test .....  | 46 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –****Part 31: Requirements and test methods  
for SPDs for photovoltaic installations**

## 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 61643-31 has been prepared by subcommittee 37A: Low-voltage surge protective devices, of IEC technical committee 37: Surge arresters.

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| FDIS         | Report on voting |
| 37A/306/FDIS | 37A/310/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.

A list of all parts of the IEC 61643 series can be found, under the general title *Low-voltage surge protective devices*, on the IEC website.

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

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

**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.**

## INTRODUCTION

This part of IEC 61643 addresses safety and performance tests for surge protective devices (SPDs) to be installed on the DC side of photovoltaic installations to protect against induced and direct lightning effects.

There are three classes of tests:

- 1) The Class I test is intended to simulate partial conducted lightning current impulses. SPDs subjected to Class I test methods are generally recommended for locations at points of high exposure, e.g., line entrances to buildings protected by lightning protection systems.
- 2) SPDs tested to Class II or Class III test methods are subjected to impulses of shorter duration.
- 3) SPDs are tested on a “black box” basis as far as possible.

Tests take into account that photovoltaic generators:

- behave like current generators,
- that their output current depends on the incident light intensity and temperature,
- that their short-circuit current is slightly higher than the operating output current,
- are connected in series and/or parallel combinations leading to a great variety of voltages, currents and powers from a few hundreds of W (in residential installations) to several MW (photovoltaic fields).

The specific electrical parameters of PV installations on the DC side require specific test requirements for SPDs.

IEC 61643-32 addresses the selection and application principles of SPDs in practical situations for PV application (work in progress).

## LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –

### Part 31: Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations

#### 1 Scope

This part of IEC 61643 is applicable to Surge Protective Devices (SPDs), intended for surge protection against indirect and direct effects of lightning or other transient overvoltages. These devices are designed to be connected to the DC side of photovoltaic installations rated up to 1 500 V DC.

These devices contain at least one non-linear component and are intended to limit surge voltages and divert surge currents. Performance characteristics, safety requirements, standard methods for testing and ratings are established.

SPDs complying with this standard are exclusively dedicated to be installed on the DC side of photovoltaic generators and the DC side of inverters.

SPDs for PV systems with energy storage (e.g. batteries, capacitor banks) are not covered.

SPDs with separate input and output terminals that contain specific series impedance between these terminal(s) (so called two-port SPDs according to IEC 61643-11:2011) are not covered.

SPDs compliant with this standard are designed to be permanently connected where connection and disconnection of fixed SPDs can only be done using a tool. This standard does not apply to portable SPDs

NOTE 1 In general SPDs for PV applications do not contain a specific series impedance between the input/output terminals due to power efficiency considerations.

NOTE 2 Wherever reference is made to the electric power system or the power system within this document, this refers to the DC side of the photovoltaic installation.

#### 2 Normative references

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

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-78:2012, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

IEC 61180-1, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 62475:2010, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

### 3 Terms, definitions, acronyms and symbols

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

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

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

#### 3.1 Terms and definitions

##### 3.1.1

##### **Surge Protective Device SPD**

device that contains at least one nonlinear component that is intended to limit surge voltages and divert surge currents

Note 1 to entry: An SPD is a complete assembly, having appropriate connecting means.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

##### 3.1.2

##### **one-port SPD**

SPD having no intended series impedance

Note 1 to entry: A one-port SPD may have separate input and output connections

Note 2 to entry: Overcurrent protection devices e.g fuses or circuit breakers are not considered as specific intended series impedance.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.2, modified (Note 2 to entry added)]

##### 3.1.3

##### **voltage-switching SPD**

SPD that has a high impedance when no surge is present, but can have a sudden change in impedance to a low value in response to a voltage surge

Note 1 to entry: Common examples of components used in voltage-switching SPDs are spark gaps, gas tubes and thyristors. These are sometimes called "crowbar-type" components.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.4, modified (original term referred to "voltage switching type SPD")]

### 3.1.4 voltage-limiting SPD

SPD that has a high impedance when no surge is present, but will reduce it continuously with increased surge current and voltage

Note 1 to entry: Common examples of components used in voltage-limiting SPDs are varistors and avalanche breakdown diodes. These are sometimes called "clamping-type" components.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.5, modified (original term referred to "voltage limiting type SPD")]

### 3.1.5 combination SPD

SPD that incorporates both voltage-switching components and voltage-limiting components. The SPD may exhibit voltage-switching, limiting or both

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.6, modified (original term referred to "combination type SPD")]

### 3.1.6 mode of protection

an intended current path between terminals, that contains one or more protective components, for which the manufacturer declares a protection level

Note 1 to entry: Additional terminals may be included within this current path.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.8, modified (original term referred to "mode of protection of an SPD", Note 1 to entry added)]

### 3.1.7 nominal discharge current

$I_n$   
crest value of the current through the SPD having a current waveshape of 8/20

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.9, modified (original term referred to "nominal discharge current for class II test")]

### 3.1.8 impulse discharge current for class I test

$I_{imp}$   
crest value of a discharge current through the SPD with specified charge transfer  $Q$  and specified energy  $W/R$  in the specified time

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.10]

### 3.1.9 maximum discharge current

$I_{max}$   
crest value of a current through the SPD having an 8/20 waveshape and magnitude according to the manufacturers specification

Note 1 to entry:  $I_{max}$  is equal to or greater than  $I_n$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.48]

### 3.1.10 maximum continuous operating voltage for PV application

$U_{CPV}$   
maximum DC voltage which may be continuously applied to the SPD's mode of protection

### 3.1.11 continuous current for PV application

 $I_{CPV}$ 

current flowing through the plus and minus terminals of the SPD while energized at  $U_{CPV}$

### 3.1.12 residual current

 $I_{PE}$ 

current flowing through the PE-terminal of the SPD while energized at  $U_{CPV}$

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.4, modified (different reference test voltage referred to)]

### 3.1.13 follow current

 $I_f$ 

peak current supplied by the electrical power system and flowing through the SPD after a discharge current impulse

Note 1 to entry: The follow current is significantly different from the continuous current  $I_{CPV}$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.12, modified (Note 1 to entry added)]

### 3.1.14 rated load current

 $I_L$ 

maximum continuous rated DC current that can be supplied through the input/output terminals of an SPD

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.13, modified (modified definition)]

### 3.1.15 voltage protection level

 $U_p$ 

maximum voltage to be expected at the SPD terminals due to an impulse stress with defined voltage steepness and an impulse stress with a discharge current with given amplitude and waveshape

Note 1 to entry: The voltage protection level is given by the manufacturer and may not be exceeded by:

- the measured limiting voltage, determined for front-of-wave sparkover (if applicable) and the measured limiting voltage, determined from the residual voltage measurements at amplitudes up to  $I_n$  and / or  $I_{imp}$  respectively for test classes II and / or I;
- the measured limiting voltage determined for the combination wave measurements up to  $U_{OC}$  for test class III.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.14, modified (modified Note 1 to entry)]

### 3.1.16 measured limiting voltage

highest value of voltage that is measured across the terminals of the SPD during the application of impulses of specified waveshape and amplitude

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.15]

### 3.1.17 residual voltage

 $U_{res}$ 

crest value of voltage that appears between the terminals of an SPD due to the passage of discharge current

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.16]

**3.1.18****1,2/50 voltage impulse**

voltage impulse with a nominal virtual front time of 1,2µs and a nominal time to half-value of 50µs.

Note 1 to entry: Clause 8 of IEC 60060-1: 2010 defines the voltage impulse definitions of front time, time to half value and waveshape. IEC 61643-1 defines specific tolerance values.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.20]

**3.1.19****8/20 current impulse**

current impulse with a nominal virtual front time of 8µs and a nominal time to half-value of 20µs

Note 1 to entry: Clause 10 of IEC 62475: 2010 defines the current impulse definitions of front time, time to half value and waveshape. IEC 61643-11 defines specific tolerance values.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.21]

**3.1.20****combination wave**

wave characterized by defined voltage amplitude ( $U_{OC}$ ) and waveshape under open-circuit conditions and a defined current amplitude ( $I_{CW}$ ) and waveshape under short-circuit conditions

Note 1 to entry: The voltage amplitude, current amplitude and waveform that is delivered to the SPD are determined by the combination wave generator (CWG) impedance  $Z_r$  and the impedance of the DUT.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.22]

**3.1.21****open-circuit voltage**

$U_{OC}$

open-circuit voltage of the combination wave generator at the point of connection of the device under test

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.23]

**3.1.22****combination wave generator short-circuit current**

$I_{CW}$

prospective short-circuit current of the combination wave generator, at the point of connection of the device under test

Note 1 to entry: When the SPD is connected to the combination wave generator, the current that flows through the device is generally less than  $I_{CW}$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.24]

**3.1.23****thermal stability**

state of an SPD if, after heating up during the operating duty test, its temperature decreases with time while energized at specified maximum continuous operating voltage and at specified ambient temperature conditions

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.25]

**3.1.24****degradation (of performance)**

undesired permanent departure in the operational performance of equipment or a system from its intended performance

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.26]

**3.1.25****short-circuit current rating of the SPD** **$I_{SCPv}$** 

maximum prospective short-circuit current from the power system for which the SPD, in conjunction with the disconnector specified, is rated

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.27, modified (term originally referred to as  $I_{SCCR}$ )]

**3.1.26****SPD disconnector (disconnecter)**

device for disconnecting an SPD, or part of an SPD, from the power system in the event of SPD failure

Note 1 to entry: This disconnecting device is not required to have isolating capability for safety purposes. It is to prevent a persistent fault on the system and is used to give an indication of an SPD's failure. Disconnectors can be internal (built in) or external (required by the manufacturer). There may be more than one disconnector function, for example an over-current protection function and a thermal protection function. These functions may be in separate units.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.28]

**3.1.27****degree of protection of enclosure****IP**

classification preceded by the symbol IP indicating the extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and possibly harmful ingress of water

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.29]

**3.1.28****type test**

conformity test made on one or more items representative of the production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

**3.1.29****routine test**

test made on each SPD or on parts and materials as required to ensure that the product meets the design specifications

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

**3.1.30****acceptance tests**

contractual test to prove to the customer that the item meets certain conditions of its specification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

### **3.1.31 impulse test classification**

#### **3.1.31.1 class I tests**

tests carried out with the impulse discharge current  $I_{imp}$ , with an 8/20 current impulse having a crest value equal to the crest value of  $I_{imp}$ , and if relevant, with a 1,2/50 voltage impulse

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.1, modified (addition of "if relevant")]

#### **3.1.31.2 class II tests**

tests carried out with the 8/20 nominal discharge current  $I_n$ , and if relevant, with a 1,2/50 voltage impulse

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.2, modified (addition of "if relevant")]

#### **3.1.31.3 class III tests**

tests carried out with the 1,2/50 voltage – 8/20 current combination wave generator

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.3]

### **3.1.32 sparkover voltage or trigger voltage of a voltage-switching SPD**

maximum voltage value at which the sudden change from high to low impedance starts for a voltage-switching SPD

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.36]

### **3.1.33 specific energy for class I test**

$W/R$

energy dissipated by a unit resistance of 1  $\Omega$  with the impulse discharge current  $I_{imp}$

Note 1 to entry: This is equal to the time integral of the square of the current ( $W/R = \int i^2 dt$ ).

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.37]

### **3.1.34 prospective short-circuit current**

$I_p$

current which would flow at a given location in a circuit if it were short-circuited at that location by a link of negligible impedance

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.38, modified (removal of "of a power supply" from original term and removal of Note to entry)]

### **3.1.35 status indicator**

device that indicates the operational status of an SPD, or a part of an SPD

Note 1 to entry: Such indicators may be local with visual and/or audible alarms and/or may have remote signalling and/or output contact capability.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.41]

**3.1.36****output contact**

contact included in a circuit separate from the main circuit of an SPD, and linked to a disconnector or status indicator.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.42]

**3.1.37****multipole SPD**

type of SPD with more than one mode of protection, or a combination of electrically interconnected SPDs offered as a unit

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.43]

**3.1.38****total discharge current**

$I_{\text{Total}}$

current which flows through the earth conductor of a multipole SPD during the total discharge current test

Note 1 to entry: The aim is to take into account cumulative effects that occur when multiple modes of protection of a multipole SPD conduct at the same time.

Note 2 to entry:  $I_{\text{Total}}$  is particularly relevant for SPDs tested according to test class I, and is used for the purpose of lightning protection equipotential bonding according to IEC 62305 series.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.44, modified ("PE or PEN conductor" replaced by "earth conductor")]

**3.1.39****voltage for clearance determination**

$U_{\text{max}}$

highest measured voltage during surge applications according to 8.3.3.1 of IEC 61643-11:2011

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.47]

**3.1.40****Open-Circuit Failure Mode****OCFM**

failure behaviour whereby an SPD changes to a permanent high impedance or open-circuit state under certain conditions

Note 1 to entry: A low impedance intermediate state is possible for a limited time until the final failure mode is reached.

**3.1.41****Short-Circuit Failure Mode****SCFM**

failure behaviour whereby an SPD changes to a permanent low impedance or short-circuit state under certain conditions

**3.1.42****testing voltage**

$U_{\text{test}}$

test voltage derived from the PV system voltage

Note 1 to entry: The value of  $U_{\text{test}}$  may vary depending on testing procedures.

**3.1.43**  
**testing current**

$I_{\text{test}}$   
test current derived from the PV system

Note 1 to entry: The value of  $I_{\text{test}}$  may vary depending on testing procedures.

**3.1.44**  
**means for Short-Circuiting the SPD (SC-means)**

internal means for short-circuiting an SPD declared as SCFM under specified conditions, with a current carrying capacity equal to the short-circuit current rating  $I_{\text{SCPV}}$  of the SPD

**3.1.45**  
**nominal varistor voltage**

$U_{1\text{mA}}$   
voltage across the MOV measured at 1 mA DC

**3.2 Acronyms / Symbols**

Table 1 provides the list of acronyms and symbols used in this standard.

**Table 1 – List of acronyms and symbols**

| Acronyms and symbols | Description  | Definition/clause                                      |               |
|----------------------|--|--|---------------|
| <b>General</b>       | DUT  | Device Under Test                                      | General       |
|                      | IP   | degree of protection of enclosure                      | 3.1.27        |
|                      | SPD  | Surge Protective Device                                | 3.1.1         |
|                      | W/R  | specific energy for class I test                       | 3.1.33        |
|                      | $\overline{T1}$ , $\overline{T2}$ and/or $\overline{T3}$ | product marking for test classes I, II and/or III      | 6.1.1.2 3)    |
|                      | OCFM   | Open Circuit Failure Mode                              | 3.1.40        |
|                      | SCFM   | Short Circuit Failure Mode                             | 3.1.41        |
| <b>Voltage</b>       | $U_{CPV}$  | maximum continuous operating voltage                   | 3.1.10        |
|                      | $U_p$  | voltage protection level                               | 3.1.15        |
|                      | $U_{res}$  | residual voltage                                       | 3.1.17        |
|                      | $U_{max}$  | voltage for clearance determination                    | 3.1.39        |
|                      | $U_{OC}$   | open circuit voltage of the combination wave generator | 3.1.20/3.1.21 |
|                      | $U_{Test}$   | Testing voltage  | 3.1.42        |
|                      | $U_{1mA}$  | nominal varistor voltage                               | 3.1.45        |
| <b>current</b>       | $I_{imp}$  | impulse discharge current for class I test             | 3.1.8         |
|                      | $I_{max}$  | maximum discharge current                              | 3.1.9         |
|                      | $I_n$  | nominal discharge current for class II test            | 3.1.7         |
|                      | $I_f$  | follow current   | 3.1.13        |
|                      | $I_L$  | rated load current                                     | 3.1.14        |
|                      | $I_{CW}$   | Combination Wave generator short short circuit current | 3.1.22/3.1.20 |
|                      | $I_{SCPV}$   | Short-Circuit Current Rating                           | 3.1.25        |
|                      | $I_P$  | prospective short-circuit current                      | 3.1.34        |
|                      | $I_{PE}$   | residual current at $U_{CPV}$                          | 3.1.12        |
|                      | $I_{Total}$  | total discharge current for multipole SPD              | 3.1.38        |
|                      | $I_{CPV}$  | continuous Current for PV application                  | 3.1.11        |
|                      | $I_{test}$   | testing current  | 3.1.43        |

## 4 Service conditions

### 4.1 Voltage

The voltage applied continuously between the terminals of the SPD shall not exceed its maximum continuous operating voltage  $U_{CPV}$ .

### 4.2 Air pressure and altitude

Air pressure is 80 kPa to 106 kPa. These values represent an altitude of +2 000 m to -500 m respectively.

### 4.3 Temperatures

- normal range: –5 °C to +40 °C
- extended range: –40 °C to +70 °C

#### **4.4 Humidity**

- normal range: 5 % to 95 %
- extended range: 5 % to 100 %

### **5 Classification**

#### **5.1 General**

The manufacturer shall classify the SPDs in accordance with the following parameters.

#### **5.2 SPD design**

- Voltage-switching
- Voltage-limiting
- Combination

#### **5.3 Class I, II and III tests**

Information required for class I, class II and class III tests is given in Table 2 of IEC 61643-11:2011.

#### **5.4 Location**

##### **5.4.1 Indoor**

SPDs intended for use in enclosures and/or inside buildings or shelters.

SPDs installed in outdoor enclosures or shelters are considered for indoor use.

NOTE This classification addresses SPDs for use in weather protected locations having neither temperature nor humidity control, and corresponds to the characteristics of external influences code AB4 in IEC 60364-5-51.

##### **5.4.2 Outdoor**

SPDs intended for use without enclosures and outside of buildings or shelters.

NOTE This classification addresses SPDs for use in non-weather protected locations.

#### **5.5 Accessibility**

##### **5.5.1 Accessible**

An SPD which can be fully or partly touched by an unskilled person, without the use of a tool to open any covers or enclosures, once installed.

##### **5.5.2 Inaccessible**

An SPD which cannot be touched by an unskilled person either due to being mounted out of reach or due to being located within enclosures which can only be opened by using a tool, once installed.

#### **5.6 Disconnectors (including overcurrent protection)**

– Location

- Internal
- External
- Both (internal and external)

- Protection functions
  - Thermal
  - Leakage current
  - Overcurrent

### 5.7 Degree of protection provided by enclosures according to IP-code of IEC 60529

### 5.8 Temperature and humidity range

- Normal
- Extended

### 5.9 Multipole SPD

- Yes
- No

### 5.10 SPD failure mode

- Open-Circuit Failure Mode (OCFM)
- Short-Circuit Failure Mode (SCFM)

### 5.11 PV earthing system

- Earthed
- Unearthed
- Earthed and Unearthed (both)

## 6 Requirements

### 6.1 General requirements

#### 6.1.1 Identification

##### 6.1.1.1 General

The following information shall be provided by the manufacturer.

##### 6.1.1.2 Markings which are mandatory on the body, or permanently attached to the body, of the SPD

- 1) Manufacturer's name or trade mark and model number
- 2) Maximum continuous operating voltage for PV application  $U_{CPV}$  +/PE, -/PE and +/- if applicable (one value for each mode of protection except if all the values are equal)
- 3) The letters "PV" combined with the SPD test class and discharge parameters for each mode of protection declared by the manufacturer and printed next to each other:
  - for test class I:
    - "test class I" and " $I_{Imp}$ " and the value in kA, and/or
    - "T1" (T1 in a square) and " $I_{Imp}$ " and the value in kA (e.g. PV T1  $I_{Imp}$ : 10kA);
  - for test class II:
    - "test class II" and " $I_n$ " and the value in kA, and/or
    - "T2" (T2 in a square) and " $I_n$ " and the value in kA (e.g. PV T2  $I_n$ : 10kA);
  - for test class III:
    - "test class III" and " $U_{OC}$ " and the value in kV, and/or
    - "T3" (T3 in a square) and " $U_{OC}$ " and the value in kV (e.g. PV T3  $U_{OC}$ : 6kV);
- 4) Voltage protection level  $U_p$  +/PE, -/PE and +/- if applicable (one value for each mode of protection except if all the values are equal);

- 5) Degree of protection provided by the enclosure (IP-code) if > IP20;
- 6) Identification of terminals or leads (if not otherwise identified on the devices);
- 7) Rated load current  $I_L$  for one-port SPDs with separate input and output terminals.

Where space does not allow all the above markings to be placed, at least 1) and 6) (if terminals are not interchangeable) is sufficient on the SPD; other remaining required markings shall appear on the installation instruction.

An SPD may be classified according to more than one test class (e.g. Class I test  $T1$  and Class II test  $T2$ ). In this case, the tests required for all declared test classes shall be performed. If in such case the manufacturer declares only one protection level, only the highest protection level shall appear in the marking.

#### 6.1.1.3 Information which shall be provided with the products to be delivered

- 1) Location (See 5.4)
- 2) Method of mounting
- 3) Short-circuit current rating  $I_{SCPV}$
- 4) Ratings and characteristics for external SPD disconnecter(s), if required.
- 5) Indication of disconnecter operation (if any) or SC-means (if any).
- 6) Orientation for normal installation, if significant
- 7) Installation instructions:
- 8) type of PV systems (earthed, not earthed)
- 9) intended connection (+/- to ground, + to -)
- 10) mechanical dimensions, lead lengths, etc.
- 11) Temperature and humidity range (See 4.3 and 4.4)
- 12) Residual currents  $I_{PE}$  AC and DC
- 13) SPD failure mode, e.g. OCFM or SCFM
- 14) If the SPD is declared SCFM, clear indication shall be provided that it cannot be installed on non-electrically separated PCE (power conversion equipment)
- 15)  $I_{max}$ , (if declared by the manufacturer)
- 16) Continuous current  $I_{CPV}$
- 17) SPDs for which the manufacturer declares a short-circuit failure mode, shall require specific measures to ensure that such devices will not endanger the operator during maintenance and replacement due to possible DC arcing

#### 6.1.1.4 Information which shall be available in a product datasheet

- 1) Total discharge current  $I_{Total}$  for multipole SPDs and the corresponding test class
- 2) Information about replaceable parts (indicators, fuses, etc. if applicable)
- 3) Modes of protection (for SPDs with more than one mode of protection)

#### 6.1.1.5 Information which shall be provided by the manufacturer for type testing

- 1) Presence of switching component(s) (see Annex A)
- 2) Follow current to be expected ( $\leq 5$  A or  $> 5$  A: see Annex A)
- 3) If the status indication circuitry does not use certified components operated within their ratings, the manufacturer shall provide the appropriate testing standards for the specific component to allow it to be tested
- 4) Isolation and dielectric withstand of separate isolated circuits

Compliance is checked by visual inspection.

### 6.1.2 Marking

Markings on the device shall be indelible and legible and shall not be placed on screws or removable parts.

NOTE A plug-in SPD module is not considered a removable part for marking purposes.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.3.

## 6.2 Electrical requirements

### 6.2.1 Protection against direct contact

For protection against direct contact (inaccessibility of live parts), SPDs shall be designed in such a way that live parts cannot be touched when the SPD is installed for the intended use.

SPDs, except SPDs classified for mounting inaccessible, shall be so designed that, when they are wired and mounted as for normal use, live parts are not accessible, even after removal of parts which can be removed without the use of a tool.

After installation according to the manufacturers installation instructions the protection against touching of live parts for SPDs, which may be accessible for uninstructed persons, shall at least comply with the requirements for IP2XC according IEC 60529.

The connection between the earthing terminals and all accessible conductive parts shall be of low resistance.

Compliance is checked by the tests in accordance with IEC 60529 and in accordance with Subclause 8.3.1 of IEC 61643-11:2011.

### 6.2.2 Residual current $I_{PE}$

For SPDs with a terminal for the protective conductor, the residual current  $I_{PE}$  shall be measured when SPD terminals are connected to a power supply at the maximum continuous operating voltage ( $U_{CPV}$ ).

Compliance is checked by the test according to 7.4.1.

### 6.2.3 Voltage protection level $U_p$

The measured limiting voltage(s) of the SPD shall not exceed the voltage protection level that is specified by the manufacturer.

Compliance is checked by the test in accordance with Subclause 8.3.3 of IEC 61643-11:2011.

### 6.2.4 Operating duty

The SPD shall be capable of withstanding specified discharge currents during application of the maximum continuous operating voltage  $U_{CPV}$ , without unacceptable changes in its characteristics.

In addition voltage-switching SPDs or combination SPDs shall be able to interrupt any follow current up to the short-circuit current rating ( $I_{SCPV}$ ).

Compliance is checked by the test in accordance with 7.4.2.

## **6.2.5 Disconnectors and status indicators**

### **6.2.5.1 Disconnectors**

SPDs with OCFM failure mode shall have disconnectors (which can be either internal, external or both). Their operation shall be indicated by a corresponding status indicator.

Table 4 provides information on the inclusion of disconnectors during the various type tests. The required behaviour of disconnectors during and after various type tests is given by items F, G, H and J of Table 5, and is checked by the tests in accordance with 7.4.3.

### **6.2.5.2 SC-means**

SPD with SCFM failure mode shall have a SC-means. Its operation shall be indicated by a corresponding status indicator.

### **6.2.5.3 Thermal protection**

SPDs shall be protected against overheating due to degradation or overstress.

This test is not performed on PV SPDs containing only voltage-switching components and/or ABD devices.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.4.3.2.

### **6.2.5.4 SPD failure mode**

An SPD shall fail without causing a hazardous condition or withstand the declared  $I_{SCPV}$  which may occur during an SPD failure.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.4.4.

This test is not applied to SPD mode(s) of protection that contains voltage-switching components only.

Due to possible hazard to people and property resulting from the DC arcing during replacement, plug-in Short-Circuit Mode (SCFM) SPDs (which can be replaced without a tool) require appropriate means for disconnection which shall be declared by the manufacturer. Compliance is checked by inspection of the installation instructions with regard to the requirement in 6.1.1.3 17).

### **6.2.5.5 Status indicators**

The manufacturer shall provide information about the function of the indicator and the actions to be taken after change of status indication.

A status indicator may be composed of two parts (one of which is not replaced when e.g. a plug module is changed), linked by a coupling mechanism which can be mechanical, optical, audio, electromagnetic, etc. The part of the status indicator which is not replaced (e.g. base part of socket) shall be capable of operating at least 50 times.

The action of the coupling mechanism which operates the non-replaced part of the status indicator may be simulated by means other than operation of the section within the replaced part of the SPD, e.g. a separate electromagnet or a spring.

Where there is an appropriate standard for the type of indication used, this shall be met by the non-replaced part of the status indicator, with the exception that the indicator need only be tested for 50 operations.

### **6.2.6 Insulation resistance**

The insulation resistance of the SPD shall be sufficient with respect to leakage current and protection against direct contact.

Compliance is checked by the test given in Subclause 8.3.6 of IEC 61643-11:2011.

### **6.2.7 Dielectric withstand**

The dielectric withstand of the housing of the SPD shall be sufficient with respect to insulation breakdown and protection against direct contact.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.4.5.

### **6.2.8 Continuous current $I_{CPV}$**

The current flowing through the plus and minus terminals of the SPD shall be measured when energized at the maximum continuous operating voltage  $U_{CPV}$ , and connected according to the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.4.6.

### **6.2.9 Total discharge current $I_{Total}$ (for multipole SPDs)**

Compliance is checked by the test given in Subclause 8.7.1 of IEC 61643-11:2011.

## **6.3 Mechanical requirements**

### **6.3.1 Mounting**

SPDs shall be provided with appropriate means for mounting that will ensure mechanical stability.

Mechanical coding/interlock shall be provided to prevent incorrect combinations of plug-in SPD modules and sockets.

Compliance is checked by visual inspection.

### **6.3.2 Screws, current carrying parts and connections**

Compliance is checked according to Subclause 8.4.1 of IEC 61643-11:2011 by inspection and trial mounting.

### **6.3.3 External connections**

The terminations and connection methods listed in Table 2 meet the requirements of this standard.

Other terminations and connection methods shall be tested in accordance with the relevant standards to ensure adequate performances.

**Table 2 – Compliant termination and connection methods**

| Termination and connection method                                     | Reference standard(s)                  |
|---|--|
| Screw-type clamping units for e.g.:screw-, pillar- and stud terminals | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.1 and 8.4.2.1 |
| Screwless-type clamping units   | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.2 and 8.4.2.2 |
| Flat, quick-connect termination                                       | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.4 and 8.4.2.4 |
| Pigtail connection (Flying leads)                                     | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.5 and 8.4.2.5 |
| Connectors for photovoltaic systems                                   | IEC 62852                              |

### 6.3.4 Air clearances and creepage distances

The SPD shall have sufficient air clearances and creepage distances.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.5.1.

### 6.3.5 Mechanical strength

All parts of the SPD relating to the protection against direct contact shall have sufficient mechanical strength.

Compliance is checked by the test in accordance with Subclause 8.4.4 of IEC 61643-11:2011.

## 6.4 Environmental and material requirements

### 6.4.1 General

SPDs shall operate satisfactorily under the service conditions specified in accordance with 4 and the requirements and tests listed in Table 3.

**Table 3 – Environmental and material requirements**

|  | Reference standard(s)              |
|--|------------------------------------|
| Protection provided by enclosure (IP-code) | IEC 61643-11:2011, 7.4.1 and 8.5.1 |
| Heat resistance                            | IEC 61643-11:2011, 7.4.2 and 8.5.2 |
| Ball pressure test                         | IEC 61643-11:2011, 7.4.2 and 8.5.3 |
| Fire resistance                            | IEC 61643-11:2011, 7.4.3 and 8.5.4 |
| Tracking resistance                        | IEC 61643-11:2011, 7.4.4 and 8.5.5 |

### 6.4.2 Life test under damp heat

Compliance is tested in accordance with 7.6.1.

### 6.4.3 Electromagnetic compatibility

#### 6.4.3.1 Electromagnetic immunity

SPDs either incorporating no electronic circuits or incorporating electronic circuits in which all components are passive (for example diodes, resistors, capacitors, inductors, varistors and other surge protective components) are generally not sensitive to electromagnetic disturbances expected under normal service conditions and therefore no immunity tests are required. For SPDs containing sensitive electronic circuits, refer to IEC 61000-6-1.

### 6.4.3.2 Electromagnetic emission

For SPDs not incorporating electronic circuits, or incorporating electronic circuits that do not generate fundamental frequencies greater than 9 kHz in normal operation, electromagnetic disturbances can only be generated during protective operations. The duration of these disturbances is in the order of microseconds to milliseconds.

The frequency, level and the consequences of these emissions are considered as part of the normal electromagnetic environment of low-voltage installations. Therefore, the requirements for electromagnetic emissions are deemed to be satisfied and no verification is necessary.

For SPDs containing electronic circuits that perform a switching function operating at a frequency of 9 kHz or greater, refer to IEC 61000-6-3.

## 6.5 Additional requirements for specific SPD designs

### 6.5.1 One-port SPDs with separate input/output terminals – Rated load current $I_L$

The manufacturer shall declare the rated load current.

Compliance is checked by the test in accordance with 7.7.1.1.

### 6.5.2 Environmental tests for outdoor SPDs

Outdoor SPDs shall be sufficiently resistant to UV radiation and corrosion.

This shall be tested in accordance with 7.7.2 and Annex F of IEC 61643-11:2011.

### 6.5.3 SPDs with separate isolated circuits

If an SPD includes a circuit that is electrically isolated from the main circuit, the manufacturer shall provide information about the isolation and dielectric withstand voltages between the circuits as well as the relevant standards that the manufacturer is claiming conformity with.

If there are more than two circuits, declarations shall be made with regard to each combination of circuits.

The insulation resistance between the main circuits and separate isolated circuits shall be tested in accordance with Subclause 8.3.6 of IEC 61643-11:2011.

The dielectric withstand between the main circuits and separate isolated circuits shall be tested in accordance with 7.4.5.

## 6.6 Additional parameter if declared by the manufacturer – Maximum discharge current $I_{max}$

If the manufacturer declares  $I_{max}$ , this value shall be tested in accordance with Subclause 8.3.3.1 of IEC 61643-11:2011 using only one impulse of  $I_{max}$  which is applied at the polarity which resulted in the higher residual voltage value during the previous test.

## 7 Type tests

### 7.1 General

Type tests are carried out as indicated in Table 4 on three samples per test sequence. Within any test sequence, the tests shall be carried out in the order given in Table 4. The order in which test sequences are carried out may be varied. Tests on terminals shall be performed on

three terminal samples for each construction/terminal type (an SPD with at least three identical terminals fulfils this sample requirement).

See Table 5 for the common pass criteria for the type tests.

A sample has passed a test sequence of Table 4 if all the requirements of the relevant test clauses and the relevant pass criteria are fulfilled.

If all required samples pass a test sequence, the design of the SPD is acceptable for that test sequence. If two or more test samples fail a test sequence, the SPD does not comply with this standard.

In the event that a single sample does not pass a test, this test, and those preceding in the same test sequence that may have influenced the result of this test, shall be repeated with three new samples, but this time no failure of any sample is allowed.

A set of three samples may be used for more than one test sequence, if agreed by the manufacturer.

If the SPD is an integral part of a product covered by another standard, the requirements of the other standard shall apply to those parts of the product, which do not belong to the SPD section of the product. The SPD section shall comply with the general (6.1), the electrical (6.2), the environmental and material (6.4) requirements of this document. The mechanical requirements of other standards shall also be applied to the SPD.

## 7.2 Testing procedures

### 7.2.1 General

If not otherwise specified, the reference standard for high-voltage test procedures is IEC 61180-1.

The SPD shall be mounted and electrically connected in accordance with the manufacturer's installation procedures. This setup shall then be kept throughout the entire type testing procedure except if otherwise specified. Neither external cooling nor heating shall be employed.

When not otherwise specified, the test shall be performed in free air and the ambient temperature shall be  $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$ .

For all static DC current measurement such as  $I_{CPV}$  and,  $I_{PE}$ , the initial decrease after the application of voltage shall be disregarded and readings shall not be taken earlier than 30 sec after the application of voltage.

Unless otherwise specified, where a power source is required for testing, all instantaneous values of the test voltage shall remain between  $U_{\text{test}}$  and  $U_{\text{test}} - 5\%$  when a load current equal of 1 A is flowing.

To ensure comparable test results, at least a 6-pulse rectifier bridge shall be used to limit the maximum ripple under full-load conditions.

NOTE 1 This means that using a 6 pulse rectifier requires an additional smoothing capacitor to fulfil this 5 % requirement.

When testing SPDs for which the manufacturer supplies integral cables, the full length of those cables shall form part of the SPD under test.

Unless otherwise specified, during the test, no maintenance or dismantling of the SPD is allowed. External disconnectors shall be selected according to the manufacturer's instructions and connected for testing if required according to Table 4.

All tests shall be performed on each mode of protection declared by the manufacturer, however, if some modes of protection have identical circuitry, one single test can be performed on the mode of protection which presents the most vulnerable configuration, using new samples each time.

If the manufacturer provides information on the external SPD disconnector necessary to achieve correct coordination with prospective short-circuit currents higher than the  $I_{SCPV}$  (of the SPD alone); these tests shall be repeated (for each sequence and combination) on the combination including this additional external disconnector.

If the use of tissue paper is required according to Table 4, it shall be fixed at a distance of 100 mm ± 20 mm in all directions of the sample, except the mounting surface.

NOTE 2 Tissue paper: thin, soft and rather strong paper, generally used to wrap breakable objects and whose weight stands between 12 g/m<sup>2</sup> and 25 g/m<sup>2</sup>.

Throughout the entire type testing procedure, the status shown by the indicator(s) shall give a clear sign of the status of the part to which it is linked. Where there is more than one method of status indication, for example local and additional features for remote indication, each type of indication shall be checked and comply with the manufacturer's specification.

It should be noted that good testing techniques are required for impulse testing and measurements. This is needed to ensure that correct test values are measured and recorded.

SPDs shall not create any hazard when operated under the test conditions in accordance with this standard.

**Table 4 – Type test requirements for SPDs**

| Test sequence  | Test description                                  | Subclause requirement/test   | External disconnectors connected <sup>a</sup> | Tissue paper used | Test class I | Test class II | Test class III |
|--|---|------------------------------|---|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| 1  | Identification and marking                        | 6.1.1 / 6.1.2 / 7.3          | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Mounting  | 6.3.1                        | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Terminals and connections                         | 6.3.2 / 6.3.3                | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Testing for protection against direct contact     | 6.2.1                        | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Environment IP-code                               | 6.4                          | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Residual current                                  | 6.2.2 / 7.4.1 / 7.4.1.2      | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Operating duty test <sup>d</sup>                  | 6.2.4 / 7.4.2 <sup>b</sup>   |   |                   |              |               |                |
|  | Operating duty test for test classes I, II or III | 7.2.3.2 / 7.4.2.3 / 7.4.2.6  | A   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Additional duty test for test class I             | 7.4.2.5                      | A   | -                 | A            | -             | -              |
|  | Thermal stability <sup>c</sup>                    | 6.2.5.3/ 7.4.3.2             | A   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Air clearances and creepage distances             | 7.5.1                        | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Ball pressure test                                | 6.4                          | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Resistance to abnormal heat and fire              | 6.4                          | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Tracking resistance                               | 6.4                          | -   | -                 | A            | A             | A              |
| 2  | Voltage protection level <sup>e</sup>             | 6.2.3                        |   |                   |              |               |                |
| 3  | Insulation resistance                             | 6.2.6                        | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Dielectric withstand                              | 6.2.7 / 7.4.5                | -   | -                 | A            | A             | A              |
| 3a   | <b>See below – only if applicable</b>             |                              |   |                   |              |               |                |
|  | Mechanical strength                               | 6.3.5                        | -   | -                 | A            | A             | A              |
|  | Temperature withstand                             | 6.2.5 / 7.4.3.1 <sub>b</sub> | -   | -                 | A            | A             | A              |
| 3b <sup>c</sup>  | <b>See below – only if applicable</b>             |                              |   |                   |              |               |                |
| 4 <sup>c</sup>   | Heat resistance                                   | 6.4                          | -   | -                 | A            | A             | A              |
| 5 <sup>c</sup>   | SPD failure mode test                             | 6.2.5.4 / 7.4.4              | A   | A                 | A            | A             | A              |
| 6  | Live test under damp heat                         | 7.6.1 <sup>b</sup>           | -   | -                 | A            | A             | A              |
| 7  | Total discharge current test for multipole SPDs   | 6.2.9 <sup>b</sup>           |   | -                 | A            | A             | A              |
| <b>Additional tests for one-port-SPDs with separate input / output terminals</b> |   |                              |   |                   |              |               |                |
| 3b <sup>c</sup>  | Rated load current                                | 6.5.1 / 7.7.1.1              | A   | -                 | A            | A             | A              |
| <b>Additional tests for Outdoor use SPDs</b>                                     |   |                              |   |                   |              |               |                |
| 8  | Environmental tests for outdoor SPDs              | 6.5.2 / 7.7.2                | -   | -                 | A            | A             | A              |
| <b>Additional tests for SPDs with separate isolated circuits</b>                 |   |                              |   |                   |              |               |                |
| 3a   | Isolation between separate circuits               | 6.5.3 / 7.4.5                | -   | -                 | A            | A             | A              |

| Test sequence | Test description   | Subclause requirement/test | External disconnectors connected <sup>a</sup> | Tissue paper used | Test class I | Test class II | Test class III |
|---------------|--|----------------------------|---|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| A             | applicable if declared;<br>- not applicable  |                            |   |                   |              |               |                |
| a             | external disconnectors connected means that all disconnectors as specified by the manufacturer shall be tested with the SPD during the type tests. |                            |   |                   |              |               |                |
| b             | For these tests, initial measurements of continuous current and residual current according to Table 6, pass criterion E may be necessary.          |                            |   |                   |              |               |                |
| c             | For this test sequence more than one set of samples may be needed.   |                            |   |                   |              |               |                |
| d             | For the whole operating duty test (including the additional duty test, if applicable) one separate set of samples may be used.                     |                            |   |                   |              |               |                |
| e             | See relevant clause and Table 3 of IEC 61643-11:2011.  |                            |   |                   |              |               |                |

**Table 5 – Common pass criteria for type tests**

|          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Thermal stability shall be achieved. The SPD is considered to be thermally stable if the current flowing into the SPD or the power dissipation shows either a decreasing tendency or does not increase during 15 min of $U_{CPV}$ voltage application immediately after the application of $U_{CPV}$ . If the test itself is performed with the SPD energized at $U_{CPV}$ , then $U_{CPV}$ either remains applied for these 15 min without interruption or is reapplied within less than 30 s.  |
| <b>B</b> | Voltage and current records and visual inspection shall show no indication of puncture or flashover.   |
| <b>C</b> | No visible damage shall occur during the test. After the test, small indents and cracks not impairing the protection against direct contact are disregarded during this check, unless the degree of protection (IP-code) given for the SPD is no longer provided. There shall be no visual evidence of burning of the sample after the test.   |
| <b>D</b> | Values for measured limiting voltage after the test shall be below or equal to $U_P$ . The measured limiting voltage shall be determined, using the tests in Subclause 8.3.3 of IEC 61643-11:2011, but the test in Subclause 8.3.3.1 of IEC 61643-11:2011 is performed only with a 8/20 surge current with a crest value of $I_{imp}$ for test class I or with $I_n$ for test class II or with the test in Subclause 8.3.3.3 of IEC 61643-11:2011, but only at $U_{OC}$ for test class III.  |
| <b>E</b> | No excessive continuous current and residual current shall occur after the test.<br><br>The SPD shall be connected as for normal use according to the manufacturer's instructions to a power supply at the maximum continuous operating voltage ( $U_{CPV}$ ). The current that flows through each terminal is measured and shall not exceed a value of 1 mA, or the current shall not have changed by more than 20 % compared to the initial value determined at the beginning of the relevant test sequence.<br><br>Any resettable or re-armable disconnector shall be switched off manually, if applicable, and the dielectric withstand shall be checked by application of two times $U_{CPV}$ or 1500 V DC, whichever is greater. During the test, no flashover, breakdown of insulation either internally (puncture) or externally (tracking) or any other manifestation of disruptive discharge shall occur.<br><br>If there is more than one possible connection arrangement for normal use, this check shall be performed for all arrangements. |
| <b>F</b> | External disconnectors, as specified by the manufacturer, shall not operate during the test and shall be in working order after the test.<br><br>For the purpose of this clause, working order means that there is no damage to the disconnector and that it is still operational. Operation can be checked either manually (where possible) or by a simple electrical test agreed between the manufacturer and the test laboratory.   |
| <b>G</b> | Internal disconnectors, or SC-means, as specified by the manufacturer, shall not operate during the test and shall be in working order after the test.<br><br>For the purpose of this clause, working order means that there is no damage of the disconnector, or SC-means, and that it is still operational. Operation can be checked either manually (where possible) or by a simple electrical test agreed between the manufacturer and the test laboratory.  |
| <b>H</b> | Disconnection shall be provided by one or more internal and/or external disconnector(s). Their correct indication shall be checked.  |

|          |  |
|----------|--|
| <b>I</b> | SPDs with an IP degree equal to, or greater than, IP20 shall not have live parts accessible with the standardized test finger applied with a force of 5 N (see IEC 60529), except the live parts which were already accessible before the test when the SPD is fitted as in normal use.  |
| <b>J</b> | <p>If disconnection (internal or external) occurs during the test, there shall be clear evidence of effective disconnection of the corresponding protective component(s).</p> <p>If internal disconnection occurs, the test sample is connected as for normal use at the maximum continuous operating voltage <math>U_{CPV}</math> for 1 min. The test source shall have a short-circuit current capability equal or greater than 200 mA. The current that flows through the relevant protective components shall not exceed a value of 1 mA.</p> <p>Currents through components connected in parallel to the relevant protective component(s), or otherwise connected (e.g. indicator circuits), are disregarded for this measurement, as long as they cannot cause a current through the relevant protective component(s).</p> <p>In addition the current through the PE-terminal, including parallel circuits and other circuits (e.g. indicator circuits), if any, shall not exceed 1 mA.</p> <p>If there is more than one possible connection arrangement for normal use, this check shall be performed for all arrangements.</p> |
| <b>K</b> | Void   |
| <b>L</b> | The tissue paper shall not catch fire.   |
| <b>M</b> | There shall be no explosion or other hazard to either personnel or the facility.   |
| <b>N</b> | Void   |
| <b>O</b> | Void   |
| <b>P</b> | Short-circuit mode shall be provided by the SC-means. Its correct indication shall be checked.   |
| <b>Q</b> | <p>If the short-circuit mode occurs during the test, the SPD shall be capable of conducting its short-circuit current rating <math>I_{SCPV}</math>. To verify this, within 10 s of the SPD reaching its short-circuit state, it shall be connected to a power source capable of delivering <math>I_{SCPV}</math>.</p> <p><math>I_{SCPV}</math> shall be maintained for 2 h or until thermal equilibrium (<math>\leq 2</math> K / 10 min) has been reached. During this period the surface temperature rise at the hottest point of the housing shall not exceed 120 K. The surface temperature rise at the hottest point shall not exceed 80 K five minutes after the application of <math>I_{SCPV}</math>.</p>  |

## 7.2.2 Test impulses

For test impulse specifications refer to 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3 and 8.1.4 of IEC 61643-11:2011.

NOTE 1 Subclause 8.1.4.1 of IEC 61643-11:2011 does not apply since two-port SPDs are not covered in this standard.

NOTE 2 For the purpose of this document, the use of an AC power source required in Subclause 8.1.4 of IEC 61643-11:2011 is replaced by a DC power source.

NOTE 3 For the purpose of this document, the reference to  $I_{SC}$  in Subclause 8.1.4 of IEC 61643-11:2011 is replaced by  $I_{CW}$ .

## 7.2.3 Characteristics of power sources for testing

### 7.2.3.1 General source characteristics

The test circuit shall have an inductance equal to or greater than 100  $\mu$ H.

Two different types of power sources can be used for the operating duty and failure mode tests, as shown in Figure 1.

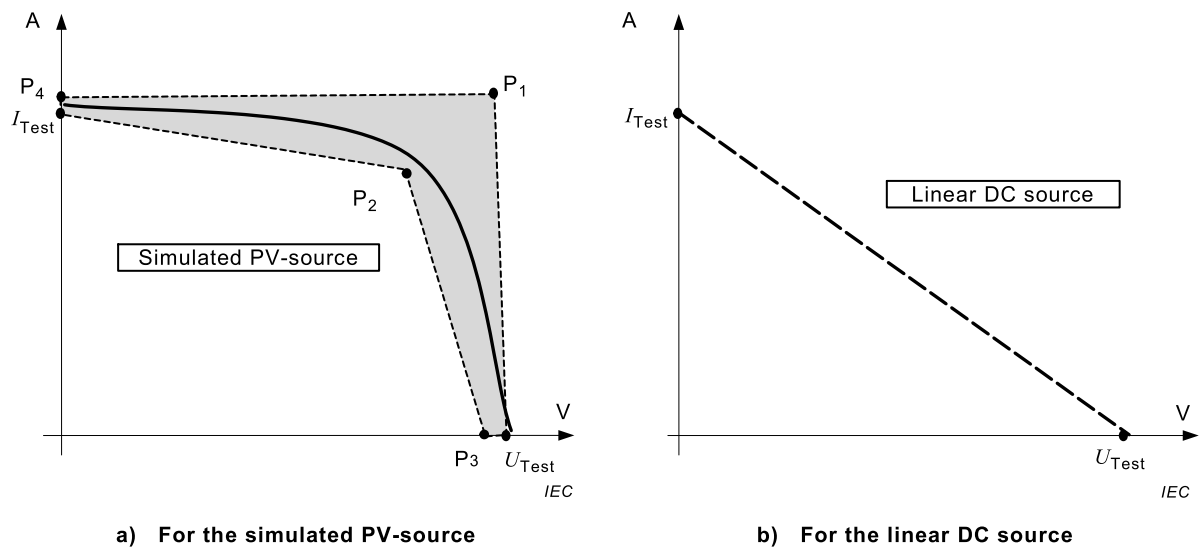


Figure 1 – I/U characteristics

The tolerance of the simulated PV-source is defined by the shaded area between the points P<sub>1</sub> and P<sub>2</sub>:

- P<sub>1</sub>: [U<sub>Test</sub>, 1,05 × I<sub>Test</sub>]
- P<sub>2</sub>: [0,7 × U<sub>Test</sub>, 0,7 × I<sub>Test</sub>]
- P<sub>3</sub>: [0,95 × U<sub>Test</sub>]
- P<sub>4</sub>: [0, 1,05 × I<sub>Test</sub>]

This area may be exceeded towards higher voltage and current values depending on the agreement between the test laboratory and the SPD manufacturer.

These shall be checked under static and transient conditions within 100 μs. Annex B provides appropriate test procedures to confirm compliance with this requirement.

### 7.2.3.2 Specific source characteristics for operating duty tests

Depending on the SPDs follow current, the following power sources at U<sub>CPV</sub> shall be used for testing:

Table 6 – Specific power source characteristics for operating duty tests

| Follow current according to Annex A                        | ≤ 5 A                              | > 5 A                              |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Operating duty test according to 7.4.2.3 or 7.4.2.6        | DC <sub>1</sub> or PV <sub>1</sub> | PV <sub>2</sub>                    |
| Additional duty test for test class I according to 7.4.2.5 | DC <sub>2</sub> or PV <sub>3</sub> | DC <sub>2</sub> or PV <sub>3</sub> |

DC<sub>1</sub>: Linear DC source with an impedance such that during the flow of follow current the voltage, measured at the SPD terminals, does not fall below U<sub>CPV</sub> by more than 5 %.

DC<sub>2</sub>: Linear DC source with a prospective short-circuit current of 5 A (0 / +10 %), corresponding to I<sub>Test</sub> in Figure 1b).

PV<sub>1</sub>: Simulated PV-source with a prospective short-circuit current of at least 20 A (0 / +10 %), corresponding to I<sub>Test</sub> in Figure 1a).

PV<sub>2</sub>: Simulated PV-source with a prospective short-circuit current equal to I<sub>SCPV</sub> (0 / +5 %), corresponding to I<sub>Test</sub> in Figure 1a).

PV<sub>3</sub>: Simulated PV-source with a prospective short-circuit current of 5 A (0 / +10 %), corresponding to  $I_{T\text{est}}$  in Figure 1a).

### 7.2.3.3 Specific source characteristics for failure mode tests

Depending on the SPD's failure mode, the following power sources at  $U_{CPV} / 1,2$  shall be used for testing:

NOTE The value for the test voltage is derived from the standard operating condition and is de-rated by a factor of 1,2 to the maximum open-circuit voltage, to represent the normal operating conditions of the PV system.

**Table 7 – Specific power source characteristics for failure mode tests**

| Expected failure mode according to 6.1.1 13)            | OCFM  | SCFM            |
|---|---|-----------------|
| SPD failure mode test according to 7.4.4                | DC <sub>3</sub> <sup>a</sup> or PV <sub>4</sub> | PV <sub>4</sub> |
| <sup>a</sup> only upon agreement with the manufacturer. |   |                 |

DC<sub>3</sub>: Linear DC source with a prospective short-circuit current according to 7.4.4, corresponding to  $I_{T\text{est}}$  in Figure 1b).

PV<sub>4</sub>: Simulated PV-source with a prospective short-circuit current according to 7.4.4, corresponding to  $I_{T\text{est}}$  in Figure 1a).

## 7.3 Indelibility of markings

This test shall be applied on markings of all types except those made by impressing, moulding and engraving.

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling-point approximately 65 °C and specific gravity of 0,68 g/cm<sup>3</sup>.

As an alternative, it is permitted to use a reagent grade hexane with a minimum of 85 % as n-hexane.

NOTE The designation "n-hexane" is chemical nomenclature for a "normal" or straight chain hydrocarbon. This petroleum spirit is often further identified as a certified ACS (American Chemical Society) reagent grade hexane (CAS# 110-54-3).

After this test the marking shall be easily legible.

## 7.4 Electrical tests

### 7.4.1 Residual current $I_{PE}$

#### 7.4.1.1 Test procedure

Measurements shall be taken by consecutively applying the following power sources between + to PE and – to PE:

- a DC source at  $U_{CPV}$ ,
- an AC source providing a sinusoidal voltage at 50 Hz or 60 Hz with a peak value corresponding to  $U_{CPV}$ .

The residual currents (AC and DC) flowing through the PE-terminal shall be recorded

### 7.4.1.2 Pass criteria

The highest measured residual current value shall not exceed the value declared by the manufacturer according to 6.1.1.3, 12).

## 7.4.2 Operating duty test

### 7.4.2.1 General

An overview is given in the flow chart for the operating duty test in Figure 2.

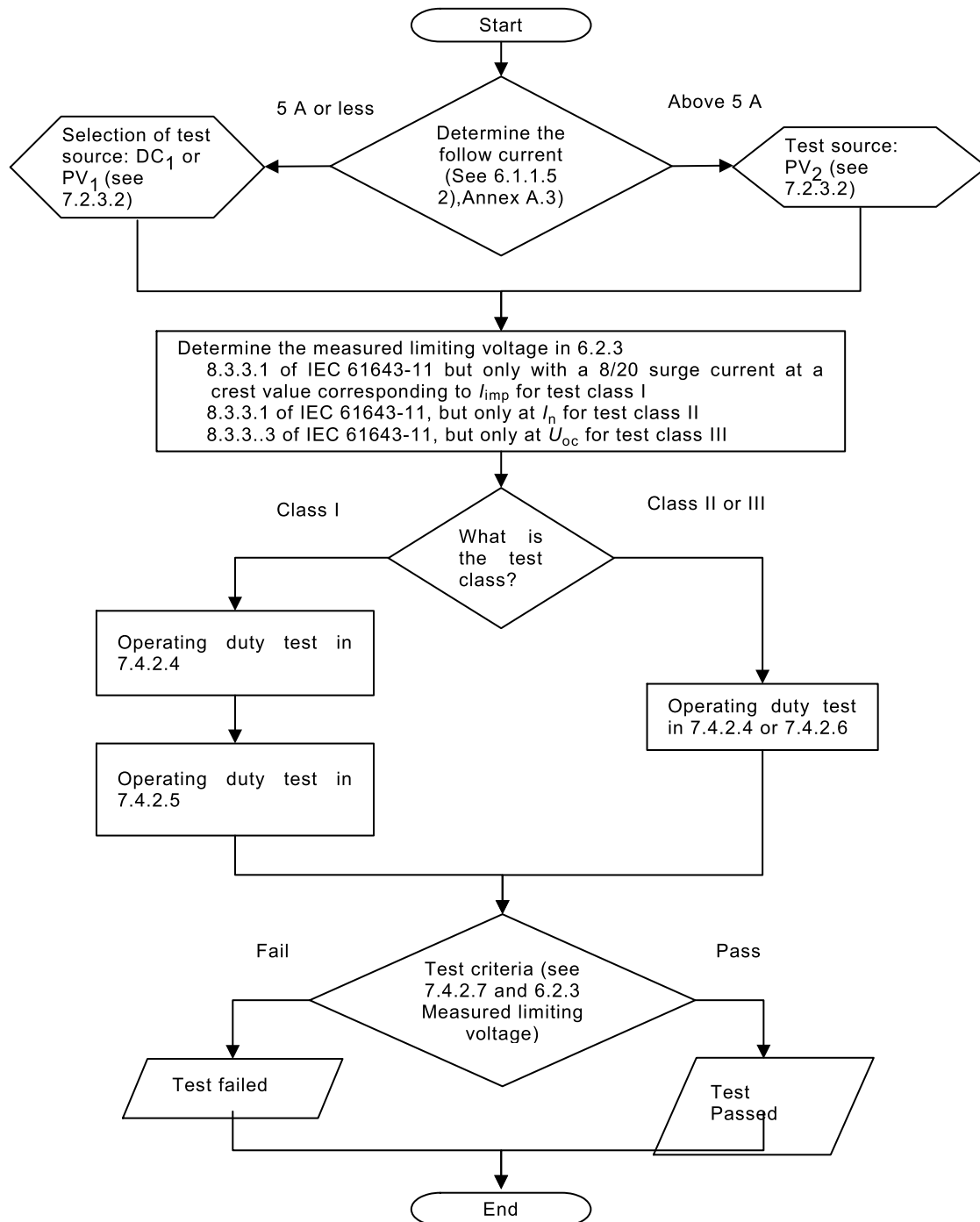


Figure 2 – Flow chart of the operating duty test

### 7.4.2.2 Test procedure

This is a test in which service conditions are simulated by the application of a stipulated number of specified impulses to the SPD while it is energized at the maximum continuous operating voltage  $U_{CPV}$  using a source according to 7.2.3.

The test setup shall comply with the circuit diagram given in Figure 3.

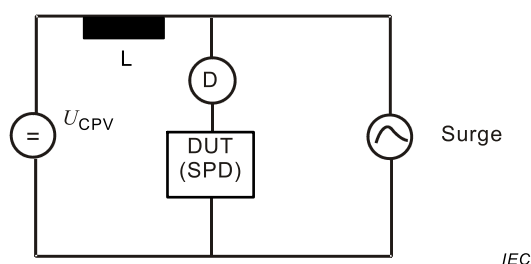
The measured limiting voltage shall be checked and shall be below or equal to  $U_P$ .

The measured limiting voltage shall be determined using the tests described in Subclause 8.3.3 of IEC 61643-11:2011.

To avoid overstress of the samples, the measured limiting voltage test is performed:

- in accordance with Subclause 8.3.3.1 of IEC 61643-11:2011 but only with an 8/20 impulse current at a crest value corresponding to  $I_{imp}$  for test class I
- in accordance with Subclause 8.3.3.1 of IEC 61643-11:2011 but only at  $I_n$  for test class II
- in accordance with Subclause 8.3.3.3 of IEC 61643-11:2011 but only at  $U_{OC}$  for test class III

with one positive and one negative surge applied.



#### Key

- $U_{CPV}$ : power source according to 7.2.3.2
- $L$ : Inductor according to 7.2.3.1
- D: SPD disconnectors, as specified by the manufacturer
- DUT: Device under Test (SPD)
- Surge: 8/20 current for Class I and II operating duty test according to 7.4.2.4  
Impulse discharge current  $I_{imp}$  for additional duty test according to 7.4.2.5 or  
 $U_{OC}$  for Class III operating duty test according to 7.4.2.6

**Figure 3 – Example of test setup for operating duty test**

### 7.4.2.3 Power source characteristics for the operating duty test

The test sample shall be connected to a power source described in 7.2.3.2. as follows:

- DC<sub>1</sub> or PV<sub>1</sub> if the SPDs has a follow current of 5 A or less.
- PV<sub>2</sub> if the SPD has a follow current above 5 A.

### 7.4.2.4 Class I and II operating duty tests

Three groups of five current impulses 8/20 shall be applied with the same polarity as the power source. The test samples are connected to a power source according to 7.2.3. and 7.4.2.3.

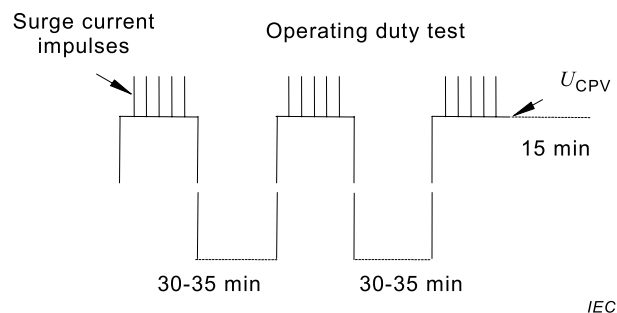
After the application of each group of impulses, and after the interruption of the last follow current (if any), the SPD shall remain energized without interruption for at least 1 min to check for re-ignition. After the last group of impulses and the 1 min period, the SPD either remains applied or is reapplied within less than 30 s to  $U_{CPV}$  for another 15 min to check for stability. For that purpose, the short-circuit capability of the power source (at  $U_{CPV}$ ) may be reduced to 5 A.

The tests sequence is shown in Figure 4.

When testing SPDs to class I, 8/20 current impulses with a crest corresponding to  $I_{imp}$  shall be applied.

When testing SPDs to class II, 8/20 current impulses with  $I_n$  shall be applied.

If an SPD is classified for test class I and test class II this test may be performed only once, but with the most severe set of parameters of both test classes, subject to agreement by the manufacturer.



**Figure 4 – Operating duty test timing diagram for test classes I and II**

The interval between the impulses is 50 s to 60 s, the interval between the groups is 30 min to 35 min. It is not required that the test sample is energized between the groups.

All current impulses shall be recorded and the current records shall show no sign of puncture or flashover of the samples.

#### 7.4.2.5 Additional duty test for test class I

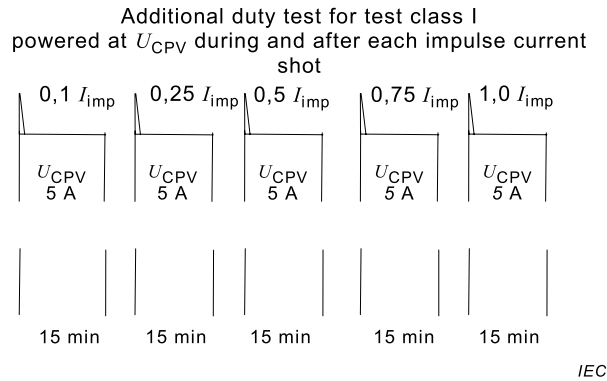
This test is carried out with current impulses in steps up to  $I_{imp}$  passing through the SPD.

The SPD shall be connected to a power source in accordance with 7.2.3.2. After the application of each impulse, and after interruption of each follow current (if any), the SPD shall remain energized without interruption for at least 1 min to check for re-ignition. After that period, the SPD either remains applied or is reapplied within less than 30 s to  $U_{CPV}$  for another 15 min to check for stability. For that purpose, the short-circuit capability of the power source may be reduced to 5A.

Current impulses with the same polarity as the applied power source shall be applied to the energized test sample as follows:

- a) one current impulse at  $0,1 I_{imp}$ ; check thermal stability; cool down to ambient temperature;
- b) one current impulse at  $0,25 I_{imp}$ ; check thermal stability; cool down to ambient temperature;
- c) one current impulse at  $0,5 I_{imp}$ ; check thermal stability; cool down to ambient temperature;
- d) one current impulse at  $0,75 I_{imp}$ ; check thermal stability; cool down to ambient temperature;

e) one current impulse at  $1,0 I_{imp}$ ; check thermal stability; cool down to ambient temperature.  
The timing diagram is shown in Figure 5.



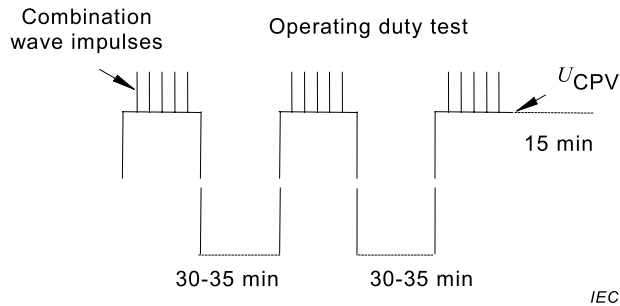
**Figure 5 – Additional duty test timing diagram for test class I**

**7.4.2.6 Class III operating duty tests**

The SPD shall be energized at  $U_{CPV}$ . The prospective short-circuit current of the power source shall comply with 7.2.3.1 and 7.4.2.3 during the application of groups of impulses. After the application of each group of impulses, and after the interruption of the last follow current (if any), the SPD shall remain energized without interruption for at least 1 min to check for re-ignition. After the last group of impulses and the 1 min period, the SPD either remains applied or is reapplied within less than 30 s to  $U_{CPV}$  for another 15 min to check for stability. For that purpose, the short-circuit capability of the power source (at  $U_{CPV}$ ) may be reduced to 5A.

The SPD is tested with three groups of five positive impulses corresponding to  $U_{OC}$ :

The timing diagram is shown in Figure 6.



**Figure 6 – Operating duty test timing diagram for test class III**

The interval between the impulses is 50 s to 60 s, the interval between the groups is 30 min to 35 min.

It is not required that the test sample is energized between the groups.

All current impulses shall be recorded and the current records shall show no sign of puncture or flashover of the samples.

#### **7.4.2.7 Pass criteria for all operating duty tests and for the additional duty test for test class I**

The pass criteria A, B, C, D, E, F, G and M according to Table 5 shall apply.

#### **7.4.3 Disconnectors and safety performance of overstressed SPDs**

##### **7.4.3.1 Temperature withstand test**

The SPD is kept in a heated cabinet at an ambient temperature of  $80\text{ °C} \pm 5\text{ K}$  for 24 h.

The pass criteria C and G according to Table 5 shall apply.

##### **7.4.3.2 Thermal stability**

###### **7.4.3.2.1 Test settings**

This test procedure addresses two different designs:

- SPDs containing only voltage-limiting components, procedure a) applies.
- SPDs containing both voltage-limiting and voltage-switching components in series, procedure b) applies.

###### **7.4.3.2.2 Sample preparation**

For SPDs with non-linear protective components connected in parallel, this test shall be performed on every single current path of the SPD having a separate and independent acting disconnector section, by disconnecting/interrupting all the remaining current paths. If components of the same type and parameters are connected in parallel, and identical parts and construction are used for every single disconnector section belonging to each of these components, testing of any three of these identical current paths may fulfil the 3 sample requirement.

Any voltage-switching component within the current path under test, which is connected in series with a voltage-limiting component, shall be short-circuited by a copper wire or dummy with a diameter such that it does not melt during the test.

The manufacturer shall provide samples prepared according to the above requirements.

##### **a) Test procedure for SPDs having only voltage-limiting components**

The test samples shall be connected to a conditioning linear DC power source.

The voltage shall be high enough to allow a current to flow through the SPD. For this test, the current is set to a constant value. The tolerance for the test current is  $\pm 10\%$ . The test is started at a value of 2 mA DC for the first sample, or at  $U_{CPV}$ , if the leakage current at  $U_{CPV}$  does already exceed 2 mA DC

This value of current is then increased in steps of either 2 mA or 5 % of the previously adjusted test current, whichever is greater.

For the other two samples. the starting point shall be changed from 2 mA to a current corresponding to 5 steps below the current value at which the first sample disconnected.

Each step is maintained until thermal equilibrium is reached (i.e. variation of temperature at the hottest spot less than 2 K within 10 min).

The outer surface temperature on the hottest spot of the housing of the SPD (for accessible SPDs only) and the current through the SPD are monitored continuously.

The hottest spot of the SPD may be determined by an initial test or alternatively many points may be monitored in order to determine the hottest spot.

This test is terminated when all non-linear components under test are disconnected. The voltage shall not be increased further in order to avoid any malfunction of disconnectors.

In case of doubt that all non-linear components are disconnected a visual inspection shall be performed.

NOTE 1 Cracking of components alone is not considered as disconnection.

If the voltage across the SPD falls 10 % below  $U_{CPV}$  during the test, the test sample is disconnected from the conditioning supply and connected to a high current DC power supply at  $U_{CPV}$  having a short-circuit current rating as declared by the manufacturer up to a maximum of 5 kA. The transition from the sensing of the voltage decrease to the connection of the test sample to the high current DC power source shall not exceed 100 ms. The sample shall remain connected to the high current DC supply for a duration of 15 min.

NOTE 2 The characteristics of the conditioning power supply have to be such that when a sudden increase in current demand occurs due to a failure of a voltage-limiting component, the output voltage collapses below a value of  $U_{CPV}$ .

#### **b) Test procedure for SPDs having a voltage-switching component in series with other components**

The SPD is energized with a high current linear DC power source at  $U_{CPV}$  having a short-circuit current capability which will not limit the current before any disconnector operates. The maximum available current value shall not exceed the short-circuit current rating declared by the manufacturer.

If no significant current flows, test procedure a) shall be followed.

NOTE 3 The usage of “no significant current” infers that the SPD has not entered its onset of conduction transition (i.e. SPD remains thermally stable).

##### **7.4.3.2.3 Pass criteria**

The pass criteria C, I and M according to Table 5 shall apply. Additionally apply pass criteria H and J for SPDs classified according to – (with OCFM) and pass criteria P and Q for SPDs classified according to – (with SCFM) shall apply.

In addition, for indoor SPDs, the surface temperature rise shall not exceed 120 K during and after the test. Five min after disconnection of all non-linear components under test, the surface temperature rise shall not exceed 80 K.

#### **7.4.4 SPD failure mode behaviour test**

##### **7.4.4.1 Sample preparation**

###### **7.4.4.1.1 General**

The manufacturer shall provide samples prepared in the following manner for those components connected between any of the modes of protection: + to –, – to PE, or + to PE.

###### **7.4.4.1.2 General:**

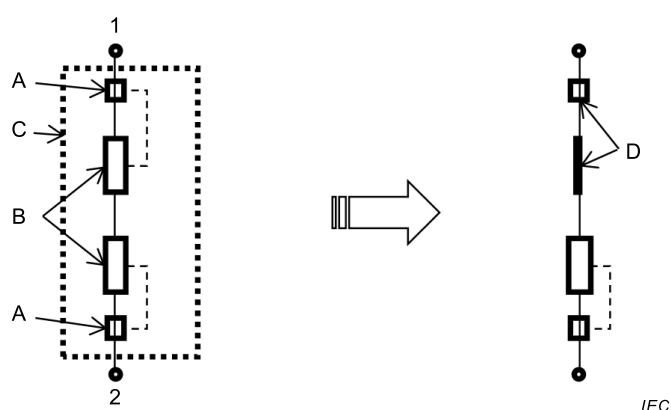
When the SPD has only one voltage-limiting component, or more than one connected in series, all of these shall be replaced with components of the same type but with the value

$U_{1mA}$  equal to 50 % – 60 % of the original. All other characteristics of the replacement components, e.g. surge ratings, dimensions, shall be the same except those related to the choice of the  $U_{1mA}$  voltage. Other parts of the SPD, e.g. disconnectors, terminals, interconnections etc. shall remain unchanged.

#### 7.4.4.1.3 Alternative 1:

When the SPD has 2 identical voltage-limiting components in series, one of these shall be replaced by an appropriate copper block (see Figure 7).

A separate batch of three samples is required for each prospective current setup. If the voltage-limiting components within the mode of protection under test including their internal connections and their cross-section area and surrounding material (e.g. resins) and packaging are not identical, the test shall be repeated by short-circuiting one of the other voltage-limiting components.



#### Keys:

- 1-2: connection point to tested protection mode
- A: Disconnector if present
- B: Series Voltage-limiting device e.g. MOV
- C: Unmodified SPD
- D: Short-circuit

**Figure 7 – Example of sample preparation for SPD failure mode behaviour test**

#### 7.4.4.1.4 Alternative 2:

Use an unmodified sample but energized with a test voltage as specified in 7.4.4.2.1 or 7.4.4.3.1 equal to 2 times  $U_{CPV}/1,2$  or even higher if agreed by the manufacturer.

### 7.4.4.2 Test for SPDs with a declared OCFM

#### 7.4.4.2.1 Test setup and test procedure

The SPD itself and its disconnectors, if specified by the manufacturer, shall be mounted according to manufacturer's instructions and be connected with conductors of the highest cross-sectional area according to the manufacturer's instructions.

The SPD shall be connected to a power source in accordance with 7.2.3. The test shall be performed for each of the following prospective short-circuit currents.

If test source  $PV_4$  is used:

- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), but only if  $I_{SCPV}$  is higher than 10 A.

If test source DC<sub>3</sub> is used:

- 2,7 times  $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), but only if  $I_{SCPV}$  is higher than 10 A.

When using power source DC<sub>3</sub> for the test with a prospective short-circuit current equal to 2,7 times  $I_{SCPV}$ , a fuse shall be connected in series with the sample under test for detection purposes. This fuse shall have an I<sup>2</sup>t melting integral value not higher than a fuse with gPV characteristic and rated current equal to  $I_{SCPV}$ . The SPD manufacturer may provide information on the lower value of the fuse.

NOTE See IEC 60269-6 regarding the gPV fuse characteristics.

For SPDs not satisfying the time criteria of acceptance the test may be repeated with an increased test voltage. If the time criteria of acceptance are again not satisfied this procedure may be repeated.

In addition, a trigger voltage generated by an impulse voltage generator described in 8.1.3 of IEC 61643-11:2011 and high enough to put any series connected switching component into a conductive state is applied to the actual mode of protection under test.

If the switching component does not maintain a conductive state, the test may be repeated with one of the following options:

- short-circuit the switching component, or
- use a voltage-limiting component with lower  $U_{1mA}$ , or
- increase the test voltage.

#### 7.4.4.2.2 Pass criteria

The current of the source shall be interrupted by an internal or external SPD disconnecter:

- in less than 60 s when PV<sub>4</sub> with  $I_{SCPV}$  or DC<sub>3</sub> with 2,7 times  $I_{SCPV}$  is applied. During the tests when DC<sub>3</sub> with 2,7 times  $I_{SCPV}$  is applied, the fuse for detection shall not operate;
- in less than 5 min when DC<sub>3</sub> with a prospective short-circuit current of equal to  $I_{SCPV}$  is applied;
- in less than 20 min when PV<sub>4</sub> or DC<sub>3</sub> with a prospective short-circuit current of 10 A is applied.

The pass criteria C, H, I, J, L and M according to Table 5 shall apply.

#### 7.4.4.3 Test for SPDs with a declared SCFM

##### 7.4.4.3.1 Test setup and test procedure

The SPD shall be mounted according to manufacturer's instructions and be connected with conductors of the highest cross-sectional area according to the manufacturer's instructions.

The SPD shall be connected to a power source in accordance with 7.2.3. The test shall be performed for each of the following prospective short-circuit currents.

Test source PV<sub>4</sub> shall be used:

- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), but only if  $I_{SCPV}$  is higher than 10 A.

For SPDs not satisfying the time criteria of acceptance the test may be repeated with an increased test voltage. If the time criteria of acceptance are again not satisfied this procedure may be repeated.

In addition, a trigger voltage generated by an impulse voltage generator described in 8.1.3 of IEC 61643-11:2011 and high enough to put any series connected switching component into a conductive state is applied to the actual mode of protection under test.

If the switching component does not maintain a conductive state, the test may be repeated with one of the following options:

- use a voltage limiting component with lower  $U_{1mA}$ , or
- increase the test voltage.

#### 7.4.4.3.2 Pass criteria

For SPDs for which the manufacturer declares short-circuit mode as SPD failure mode status this mode shall be reached:

In less than 60 s during the test when  $PV_4$  with a prospective short-circuit current of  $I_{SCPV}$  is applied;

in less than 20 min when  $PV_4$  with a prospective short-circuit current of 10 A is applied.

The pass criteria C, I, M, L, P and Q according to Table 5 shall apply.

#### 7.4.5 Dielectric withstand

##### 7.4.5.1 General

SPDs classified for outdoor use are tested between the terminals with the internal parts removed. During this test the SPD is subjected to sprinkling according to 9.1 of IEC 60060-1:2010.

SPDs category indoor are tested as indicated in a) and b) in 8.3.6 of IEC 61643-11:2011.

SPDs are tested with a DC voltage according to Table 8. Starting with not more than half the required DC voltage, this voltage is increased to the full value within 30 s which is maintained for 1 min.

**Table 8 – Dielectric withstand**

| SPD continuous operating voltage<br>V | DC test voltage<br>kV |
|---------------------------------------|-----------------------|
| $U_{CPV} < 100$                       | 1,1                   |
| $100 \leq U_{CPV} < 200$              | 1,7                   |
| $200 \leq U_{CPV} < 450$              | 2,2                   |
| $450 \leq U_{CPV} < 600$              | 3,3                   |
| $600 \leq U_{CPV} < 1200$             | 4,2                   |
| $1200 \leq U_{CPV} < 1500$            | 5,8                   |

##### 7.4.5.2 Pass criteria

Arcing or puncturing shall not occur, however, partial discharges are accepted if the voltage change during the discharge is less than 5 %.

The power source used for testing shall be designed in such a way that, after having been adjusted to the test voltage at its open terminals, it will generate a short-circuit current of at least 200 mA after short-circuiting the terminals. An overcurrent relay, if any, shall only react if the test circuit current exceeds 100 mA. The device for measuring the test voltage shall have a precision of  $\pm 3\%$ .

#### **7.4.6 Continuous current $I_{CPV}$**

##### **7.4.6.1 General**

Measurements shall be taken by applying a DC power source at  $U_{CPV}$  between + and – terminals of the SPD.

The DC currents flowing (excluding ripple current) through the + and – terminals shall be recorded.

##### **7.4.6.2 Pass criteria**

The measured continuous current consumption values shall not exceed the values declared by the manufacturer according to 6.1.1.

#### **7.5 Mechanical tests**

##### **7.5.1 Verification of air clearances and creepage distances**

SPDs for domestic and similar applications shall be designed for pollution degree 2.

SPDs for more stringent environmental applications may require special precautions, e.g. an appropriate SPD housing or an additional enclosure, which will ensure pollution degree 2 for the SPDs.

NOTE SPD-housings without ventilation openings are considered to provide adequate protection to limit the pollution sufficiently to allow the application of pollution degree 2 requirements to internal creepage distances.

For SPDs for outdoor, and out of reach applications, pollution degree 4 applies. This may be reduced to pollution degree 3 for internal distances, if they are covered by an adequate housing ensuring pollution degree 3 conditions.

The electrode spacing of spark gaps shall not be considered for the determination of air clearances and creepage distances.

##### **7.5.2 Pass criteria**

The air clearances and creepage distances shall not be smaller than the values indicated in Table 9 and Table 10 and shall be applied to items 1), 2) and 3) according to Table 9, the material classification of Table 11 being previously applied to the relevant parts of the SPD as an input parameter for Table 10.

NOTE For altitudes exceeding 2000 m refer to IEC 60664-1, Table F.2, and use  $U_{max}$  as input parameter to the columns for Case A – inhomogeneous field conditions, to determine the required clearances. But in any case the minimum requirements according to Table 9 of this standard apply for mechanical reasons.

**Table 9 – Air clearances for SPDs**

| $U_{\max}$  | $\leq 2\,000\text{ V}^{\text{a}}$    | $\leq 4\,000\text{ V}$ | $> 4\,000\text{ V}$<br>up to $6\,000\text{ V}$ | $> 6\,000\text{ V}$ up<br>to $8\,000\text{ V}$ |
|---|--------------------------------------|------------------------|--|--|
|   | <b>Air clearances in millimetres</b> |                        |  |  |
| 1) Between live parts of different polarity   | 1,5                                  | 3                      | 5,5  | 8  |
| 2) Between live parts and   |                                      |                        |  |  |
| – Screws and other means to fasten a covering, having to be detached for mounting the SPD,  | 1,5                                  | 3                      | 5,5  | 8  |
| – Fastening surfaces (NOTE 2)   | 3                                    | 6                      | 11   | 16   |
| – Screws or other means for fastening the SPD (NOTE 2),   | 3                                    | 6                      | 11   | 16   |
| – Bodies (NOTES 1 and 2).   | 1,5                                  | 3                      | 5,5  | 8  |
| 3) Between the metal parts of the disconnecter mechanism and  |                                      |                        |  |  |
| – Bodies (NOTE 1),  | 1,5                                  | 3                      | 5,5  | 8  |
| – Screws or other means for fastening the SPD.  | 1,5                                  | 3                      | 5,5  | 8  |
| NOTE 1 For definition of body, see Subclause 8.3.6 a) of IEC 61643-11:2011.   |                                      |                        |  |  |
| NOTE 2 If clearances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the SPD is mounted are dependent on the design of the SPD only and cannot be reduced when the SPD is mounted in the least favourable position (even in a metallic enclosure), the values of line 1) are sufficient. |                                      |                        |  |  |
| <sup>a</sup> This column is only applicable for SPDs having a $U_{\text{CPV}}$ lower than or equal to 180 V.  |                                      |                        |  |  |

**Table 10 – Creepage distances for SPDs**

| DC<br>voltage<br>V | Minimum creepage distances in millimetres |                                  |                     |                             |      |      |                             |      |                  |
|--------------------|---|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|------|------|-----------------------------|------|------------------|
|                    | Printed wiring material                   |                                  | Pollution degree    |                             |      |      |                             |      |                  |
|                    | Pollution degree                          |                                  | 1                   |                             |      | 2    |                             | 3    |                  |
|                    | 1   | 2                                | All material groups | Material group <sup>a</sup> |      |      | Material group <sup>a</sup> |      |                  |
|                    | All material groups                       | All material groups, except IIIb | All material groups | I                           | II   | III  | I                           | II   | III <sup>d</sup> |
| 10                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,08                | 0,4                         | 0,4  | 0,4  | 1                           | 1    | 1                |
| 12,5               | 0,025                                     | 0,04                             | 0,09                | 0,42                        | 4,42 | 4,42 | 1,0                         | 1,05 | 1,05             |
| 16                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,1                 | 0,45                        | 0,45 | 0,45 | 1,1                         | 1,1  | 1,1              |
| 20                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,11                | 0,48                        | 0,48 | 0,48 | 1,2                         | 1,2  | 1,2              |
| 25                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,125               | 0,5                         | 0,5  | 0,5  | 1,2                         | 1,25 | 1,25             |
| 32                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,14                | 0,53                        | 0,53 | 0,53 | 1,3                         | 1,3  | 1,3              |
| 40                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,16                | 0,56                        | 0,8  | 1,1  | 1,4                         | 1,6  | 1,8              |
| 50                 | 0,025                                     | 0,04                             | 0,18                | 0,6                         | 0,85 | 1,2  | 1,5                         | 1,7  | 1,9              |
| 63                 | 0,04                                      | 0,063                            | 0,2                 | 0,63                        | 0,9  | 1,25 | 1,6                         | 1,8  | 2                |
| 80                 | 0,063                                     | 0,1                              | 0,22                | 0,67                        | 0,95 | 1,3  | 1,7                         | 1,9  | 2,1              |
| 100                | 0,1                                       | 0,16                             | 0,25                | 0,71                        | 1    | 1,4  | 1,8                         | 2    | 2,2              |
| 125                | 0,16                                      | 0,25                             | 0,28                | 0,75                        | 1,05 | 1,5  | 1,9                         | 2,1  | 2,4              |
| 160                | 0,25                                      | 0,4                              | 0,32                | 0,8                         | 1,1  | 1,6  | 2                           | 2,2  | 2,5              |
| 200                | 0,4                                       | 0,63                             | 0,42                | 1                           | 1,4  | 2    | 2,5                         | 2,8  | 3,2              |
| 250                | 0,56                                      | 1                                | 0,56                | 1,25                        | 1,8  | 2,5  | 3,2                         | 3,6  | 4                |
| 320                | 0,75                                      | 1,6                              | 0,75                | 1,6                         | 2,2  | 3,2  | 4                           | 4,5  | 5                |
| 400                | 1   | 2                                | 1                   | 2                           | 2,8  | 4    | 5                           | 5,6  | 6,3              |
| 500                | 1,3                                       | 2,5                              | 1,3                 | 2,5                         | 3,6  | 5    | 6,3                         | 7,1  | 8                |
| 630                | 1,8                                       | 3,2                              | 1,8                 | 3,2                         | 4,5  | 6,3  | 8                           | 9    | 10               |
| 800                | 2,4                                       | 4                                | 2,4                 | 4                           | 5,6  | 8    | 10                          | 11   | 12,5             |
| 1 000              | 3,2                                       | 5                                | 3,2                 | 5                           | 7,1  | 10   | 12,5                        | 14   | 16               |
| 1 250              | -   | -                                | 4,2                 | 6,3                         | 9,0  | 12,5 | 16,0                        | 18   | 20,0             |
| 1 600              | -   | -                                | 5,6                 | 8,0                         | 11,0 | 16,0 | 20,0                        | 22,0 | 25,0             |

If the actual voltage differs from the values given in the table, it is allowed to interpolate values for intermediate voltages. When interpolating, linear interpolation should be used and values shall be rounded to the same number of digits than the values picked from the table.

<sup>a</sup> For further information on material groups refer to Table 11.

<sup>b</sup> This voltage is:

- for functional insulation, the working voltage,
- for basic and supplementary insulation of the circuit energized directly from the supply mains, the voltage rationalized through Table F.3a of IEC 60664-1:2011, based on the rated voltage of the equipment, or the rated insulation voltage,
- for basic and supplementary insulation of systems, equipment and internal circuits not energized directly from the mains, the highest voltage which can occur in the system, equipment or internal circuit when supplied at rated voltage and under the most onerous combination of conditions of operation within equipment rating.

<sup>c</sup> For the main protection circuit, this column refers to  $U_{CPV}$ .

<sup>d</sup> Material IIIb shall not be used for application in pollution degree 3 above 630 V.

**Table 11 – Relationship between material groups and classifications**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| <b>Material group I</b>   | $600 \leq \text{CTI}$       |
| <b>Material group II</b>  | $400 \leq \text{CTI} < 600$ |
| <b>Material group IIIa</b>  | $175 \leq \text{CTI} < 400$ |
| <b>Material group IIIb</b>  | $100 \leq \text{CTI} < 175$ |
| NOTE Relationship between material groups and classifications is according to IEC 60112 (CTI values, using solution A). |                             |

The measurements are carried out without conductors as well as with conductors of the greatest cross-sectional area indicated by the manufacturer. Nuts and screws with out-of-round heads are assumed to be in the least favourable tightening position.

If there is a partition, the air clearance is measured across the partition; where the partition consists of two parts which are not joined together, the air clearance is measured through the separating gap. Distances due to slits or holes in outer parts out of isolating material are measured against a metal foil on the touchable surface: for this purpose the foil is not pressed into the holes, but it shall be pushed into corners and similar by means of the test finger according to IEC 60529.

In the case that there is a cavity in the course of the creepage distance, its profile is only considered if it is at least 1 mm wide; cavities smaller than 1 mm are only considered in their width.

In the case that there is a partition made out of two parts which are not glued together, the creepage distance is measured through the separating gap. If the air gap between a live part and a partition with fitting surfaces is smaller than 1 mm, only the distance through the separating surface is considered, which is then looked upon as creepage distance. If not, the whole distance, namely the sum out of air gap and the distance through the separating surface, is taken as air clearance. If metal parts are covered with self-hardening resin of a least 2 mm thickness, or if they are covered with an insulation, withstanding a test voltage according to 7.4.5, creepage distances and air clearances are not necessary.

Casting material or resin shall not come over the rim of the cavity, it shall adhere to the walls of the cavity and the metal parts in it.

This is tested by examination and attempting to detach the casting material or resin without use of a tool.

## **7.6 Environmental and material tests**

### **7.6.1 Life test under damp heat**

The test is carried out according to IEC 60068-2-78 and is applied to each mode of protection of the sample.

The samples are then placed in a climatic chamber for 500 h ( $\pm 1$  h), adjusted to a temperature of  $40\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ , and with a relative humidity of 93 % ( $\pm 3$  %). Each mode of protection is connected to a test source having a prospective short-circuit current of at least 100 mA and adjusted to a DC voltage of  $U_{\text{CPV}}$  during the complete test.

### **7.6.2 Pass criteria**

One hour  $\pm 10$  min after removal of the samples from the climatic chamber, the pass criteria C, E and G according to Table 5 shall apply.

## 7.7 Additional tests for specific SPD designs

### 7.7.1 Test for one-port SPDs with separate input/output terminals

#### 7.7.1.1 Rated load current ( $I_L$ )

The SPD shall be energized at a voltage  $U_{CPV} +0/-5\%$  at ambient temperature, using a cable with a nominal cross-section as specified in Table 12. The test shall be conducted with rated load current into a resistive load until thermal stability is reached. Additional cooling of the SPD is not permitted.

**Table 12 – Test conductors for rated load current test**

|   | Test current [A] |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |        |        |        |        |
|---|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|
| Greater than  | 0                | 8   | 12  | 15  | 20  | 25  | 32 | 50 | 65 | 85  | 100 | 115 | 130 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250    | 275    | 300    | 350    |
| Less or equal than  | 8                | 12  | 15  | 20  | 25  | 32  | 50 | 65 | 85 | 100 | 115 | 130 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275    | 300    | 350    | 400    |
| Cross section [mm <sup>2</sup> ]  | 1,0              | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 4,0 | 6,0 | 10 | 16 | 25 | 35  | 35  | 50  | 50  | 70  | 95  | 95  | 120 | 150    | 185    | 185    | 240    |
| Cross Section AWG   | 17               | 16  | 16  | 14  | 12  | 10  | 8  | 6  | 4  | 2   | 2   | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 | 300MCM | 350MCM | 350MCM | 500MCM |
| If other standardized cross-sections are used in specific countries, the next closest cross-section should be used for testing. |                  |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |        |        |        |        |

#### 7.7.1.2 Pass criteria

The pass criteria C, F and G according to Table 5 and the following additional pass criteria shall apply.

During the test, the temperature rise of surfaces, which are accessible in normal use, shall not exceed the values given in Annex G of IEC 61643-11:2011.

### 7.7.2 Environmental tests for outdoor SPDs

See Annex F of IEC 61643-11:2011. Application of these tests or other appropriate test procedures is subject to an agreement between the manufacturer and the user.

#### 7.7.3 SPDs with separate isolated circuits

The insulation resistance between the main circuits and separate isolated circuits shall be tested in accordance with Subclause 8.3.6 of IEC 61643-11:2011.

The dielectric withstand between the main circuits and separate isolated circuits shall be tested in accordance with:

- 7.4.5 if the separate circuits are rated for DC and / or
- Subclause 8.3.7 of IEC 61643-11:2011 if the separate circuits are rated for AC.

## 8 Routine and acceptance tests

### 8.1 Routine tests

Appropriate test(s) are performed during manufacturing production to verify that the SPD is capable of meeting its performance. The manufacturer shall declare the test method(s).

## 8.2 Acceptance tests

Acceptance tests are made on agreement between manufacturer and purchaser. When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, the following tests shall be made on the nearest lower whole number to the cube root of the number of SPDs to be supplied. Any alteration in the number of test samples or type of test shall be negotiated between the manufacturer and purchaser.

Unless otherwise specified, the following acceptance tests shall be performed:

- verification of identification in accordance with 6.1.1;
- verification of markings by inspection in accordance with 6.1.2.
- verification of electrical parameters by relevant clause (e.g. measured limiting voltage, in accordance with Subclause 8.3.3 of IEC 61643-11:2011).

## Annex A (normative)

### Tests to determine the presence of a voltage-switching component and the magnitude of the follow current of an SPD

#### A.1 General

These tests are performed by the manufacturer to provide the information required in accordance with 6.1.1 1) and / or 6.1.1 2) and 7.2.3.2.

#### A.2 Test to determine the presence of a voltage-switching component

This test has to be performed only if the internal design of the SPD is not known. A new sample shall be used for this test.

The standard 8/20 current impulse is used for class I and class II tests of SPDs with a crest value according to  $I_n$  or  $I_{imp}$  as declared by the manufacturer. For class III test of an SPD, a combination wave generator shall be used with an open-circuit voltage equal to the  $U_{OC}$  declared by the manufacturer.

One impulse shall be applied to the SPD. Oscillographic record of the voltage across the SPD shall be taken.

If the waveshape of the recorded voltage shows a sudden collapse, the SPD is considered as containing a switching (crowbar) component.

#### A.3 Test to determine the magnitude of the follow current

This test is intended to determine if the crest value of the follow current is above or below 5A.

If the internal design and the crest value of the follow current of the SPD are known, this preliminary test is not required.

- a) The test shall be performed on a separate test sample.
- b) The type of the power source is a linear DC source.
- c) The prospective short-circuit current shall be 100 A (0/+5%). The test circuit shall have an inductance equal or greater than 100  $\mu$ H.
- d) The voltage measured at the SPD terminals, shall be equal to  $U_{CPV} \begin{matrix} 0 \\ -5 \end{matrix}$  %.
- e) The follow current shall be initiated with an impulse current 8/20 or a combination wave.
- f) The crest value of the test impulse shall correspond to  $I_n$  or  $I_{imp}$  or  $U_{OC}$ .
- g) The polarity of the impulse shall coincide with the voltage polarity of the power supply.
- h) Measure and record the peak value of the follow current.

## Annex B (informative)

### Transient behaviour of the PV test source

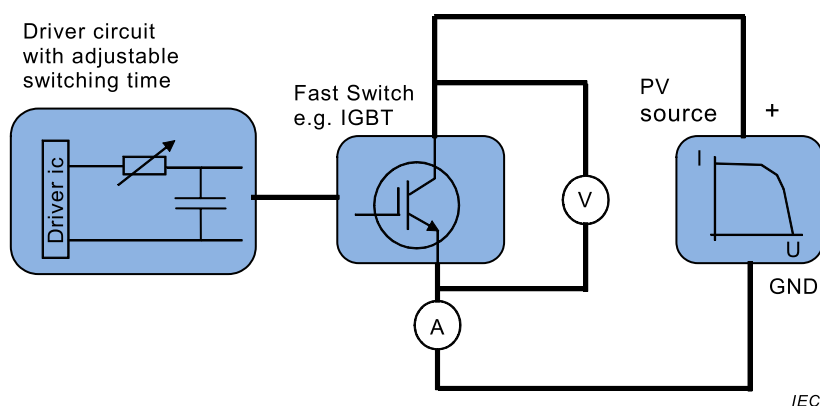
#### B.1 Transient behaviour of the PV test source according to 7.2.3.1

To ensure that the PV-source used during operating duty test and in failure mode test delivers comparable results, it is necessary to find a procedure for a precise definition of the test source behaviour.

The transient I/U-Characteristic of a PV-source depends on operating disconnection time  $t_{OFF}$  and is different from that of a linear source with the same open-circuit voltage and short-circuit current.

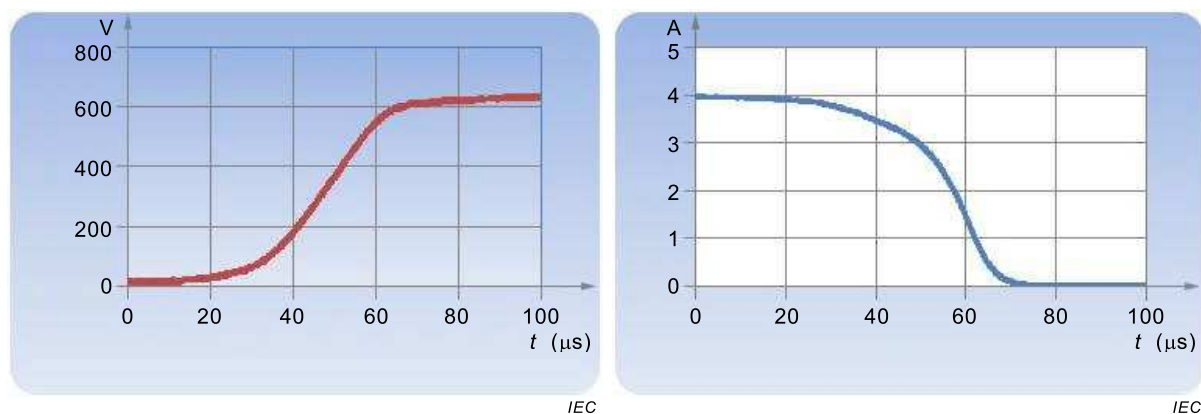
#### B.2 Test setup using a semiconductor switch to determine the transient behaviour of a PV test source

Figure B.1 shows a test setup to determine the transient behaviour of a PV test source



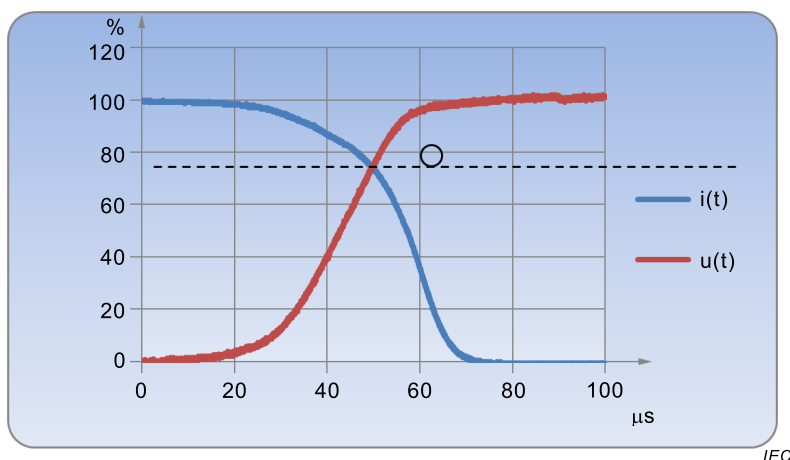
**Figure B.1 – Test setup using an adjustable semiconductor switch to determine the transient behaviour of a PV test source**

The semiconductor switch shall be adjusted in such a way that the PV test source is switched off within 50 to 100  $\mu\text{s}$  (Figure B.2).



**Figure B.2 – Time behaviour of voltage and current during disconnection operating time of a semiconductor switch at a PV-source  $I_{SC} = 4 \text{ A}$ , open-circuit voltage = 640 V**

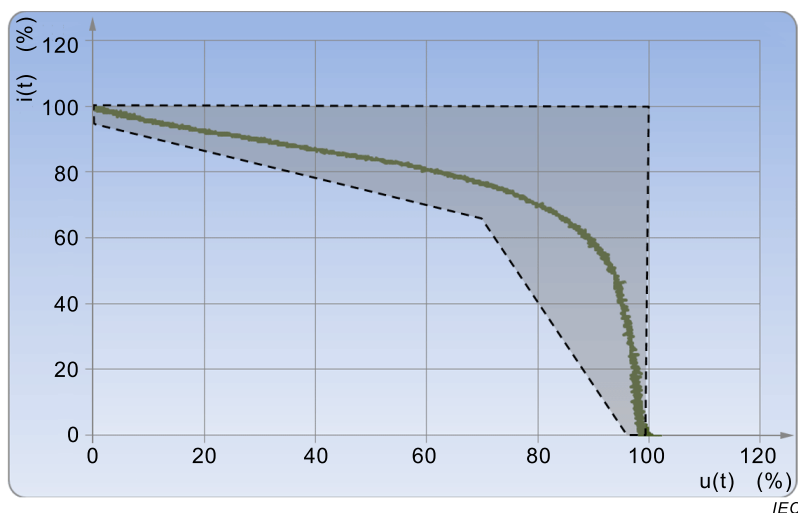
Scaling the measured curves of  $i(t)$  and  $u(t)$  to 100 % allows the definition of a normalized disconnection time diagram which is independent of the PV-source open-circuit voltage and  $I_{SC}$  (Figure B.3).



**Figure B.3 – Semiconductor disconnection behaviour (normalized) with intersection point  $i(t) / u(t)$**

The point of intersection between scaled  $i(t)$  and  $u(t)$  curves shall be equal or greater than 70 %.

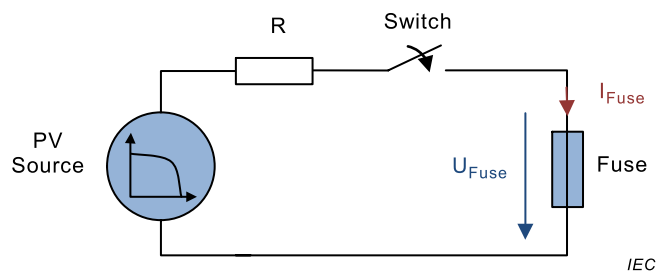
For operating disconnection time  $t_{OFF}$  greater than  $50\mu s$  the calculated  $i/u$ -characteristic of the PV test source should correspond to the static behaviour  $i = f(u)$  of the PV test source (Figure B.4).



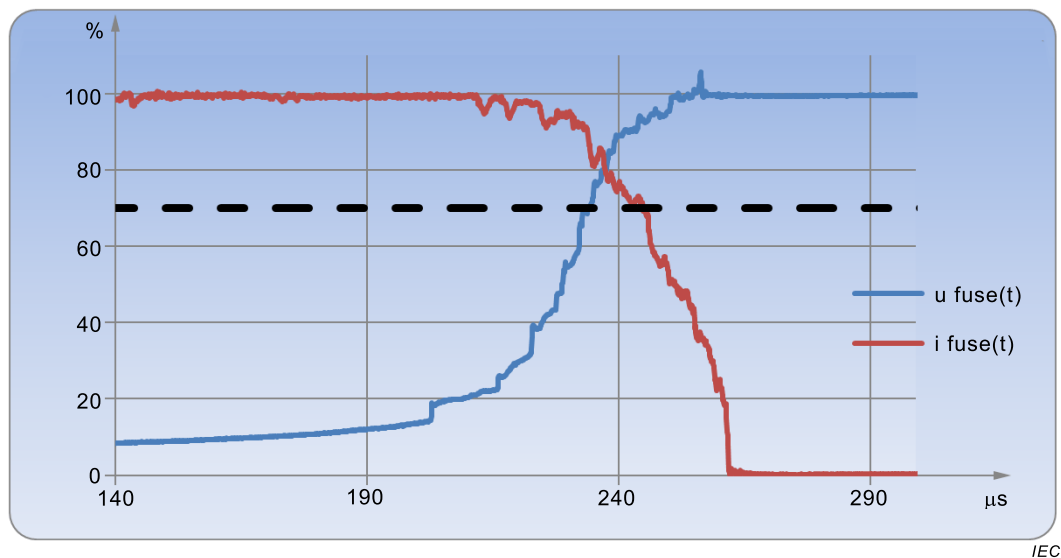
**Figure B.4 – I/U-characteristic of the PV test source calculated from the normalized current and voltage records in Figure B.3**

### B.3 Alternative test setup using a fuse

Alternative to the test setup in 7.2.3, the test circuit shown in Figure B.5 using a fuse (PV type) rated  $0,1 \times I_{SCPV}$  to determine the characteristic of the PV test source.



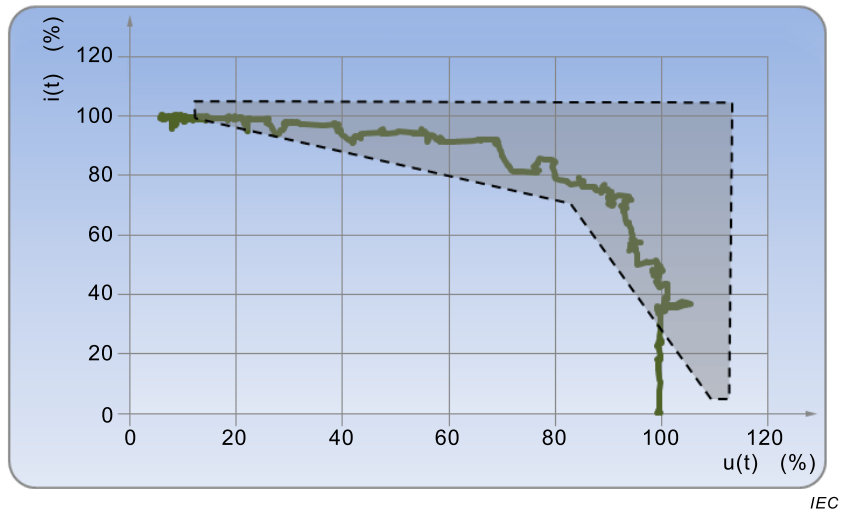
**Figure B.5 – Test setup using a fuse to determine the transient behaviour of a PV test source**



**Figure B.6 – Normalized disconnection behaviour during operation of a fuse rated  $0,1 \times I_{SCPV}$  at a PV test source with intersection point  $i(t)$  and  $u(t)$**

The point of intersection between scaled  $i(t)$  and  $u(t)$  curves shall be equal or greater than 70 %.

For disconnection time  $t_{OFF}$  greater than  $50 \mu s$  the calculated I/U-characteristic of the PV test source should correspond to the static behaviour  $i = f(u)$  of the PV test source (Figure B.7).



**Figure B.7 – I/U-characteristic of the PV test source calculated from the normalized current and voltage records in Figure B.6**

## Bibliography

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

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60950, *Information technology equipment-Safety*

IEC 61643-32, *Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations – Selection and application principles*

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

ISO 4892-1, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 1: General guidance*

ASTM G151, *Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources*

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

---

## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| AVANT-PROPOS .....  | 57 |
| INTRODUCTION.....   | 59 |
| 1 Domaine d'application .....   | 60 |
| 2 Références normatives .....   | 60 |
| 3 Termes, définitions, acronymes et symboles.....   | 61 |
| 3.1 Termes et définitions .....   | 61 |
| 3.2 Acronymes / Symboles.....   | 68 |
| 4 Conditions de service .....   | 69 |
| 4.1 Tension.....  | 69 |
| 4.2 Pression atmosphérique et altitude .....  | 69 |
| 4.3 Températures .....  | 70 |
| 4.4 Humidité .....  | 70 |
| 5 Classification.....   | 70 |
| 5.1 Généralités .....   | 70 |
| 5.2 Conception du parafoudre.....   | 70 |
| 5.3 Essais de classe I, II et III.....  | 70 |
| 5.4 Emplacement.....  | 70 |
| 5.4.1 En intérieur.....   | 70 |
| 5.4.2 En extérieur.....   | 70 |
| 5.5 Accessibilité.....  | 70 |
| 5.5.1 Accessible .....  | 70 |
| 5.5.2 Inaccessible .....  | 70 |
| 5.6 Déconnecteurs (comportant une protection contre les surintensités).....                     | 71 |
| 5.7 Degré de protection procuré par les enveloppes conformément au code IP de l'IEC 60529 ..... | 71 |
| 5.8 Plages de températures et d'humidité .....  | 71 |
| 5.9 Parafoudre multipôle.....   | 71 |
| 5.10 Mode de défaillance du parafoudre .....  | 71 |
| 5.11 Système photovoltaïque (PV) de terre.....  | 71 |
| 6 Exigences.....  | 71 |
| 6.1 Exigences générales.....  | 71 |
| 6.1.1 Identification.....   | 71 |
| 6.1.2 Marquage .....  | 73 |
| 6.2 Exigences électriques .....   | 73 |
| 6.2.1 Protection contre les contacts directs .....  | 73 |
| 6.2.2 Courant résiduel $I_{PE}$ .....   | 73 |
| 6.2.3 Niveau de protection en tension $U_p$ .....   | 74 |
| 6.2.4 Régime de fonctionnement .....  | 74 |
| 6.2.5 Déconnecteurs et indicateurs d'état .....   | 74 |
| 6.2.6 Résistance d'isolement .....  | 75 |
| 6.2.7 Rigidité diélectrique .....   | 75 |
| 6.2.8 Courant permanent $I_{CPV}$ .....   | 75 |
| 6.2.9 Courant total de décharge $I_{Total}$ (pour parafoudres multipôles).....                  | 75 |
| 6.3 Exigences mécaniques .....  | 75 |
| 6.3.1 Montage .....   | 75 |
| 6.3.2 Vis, parties conductrices et connexions .....   | 76 |

|  |  |     |
|--|--|-----|
| 6.3.3  | Connexions externes .....  | 76  |
| 6.3.4  | Distances dans l'air et lignes de fuite.....   | 76  |
| 6.3.5  | Résistance mécanique du matériel .....   | 76  |
| 6.4  | Exigences relatives à l'environnement et aux matériaux.....  | 76  |
| 6.4.1  | Généralités.....   | 76  |
| 6.4.2  | Essai de durée de vie à la chaleur humide.....   | 77  |
| 6.4.3  | Compatibilité électromagnétique .....  | 77  |
| 6.5  | Exigences supplémentaires pour des conceptions de parafoudres<br>spécifiques .....                                 | 77  |
| 6.5.1  | Parafoudres à un port avec bornes d'entrée/sortie séparées – Courant<br>de charge assigné $I_L$ .....              | 77  |
| 6.5.2  | Essais d'environnement des parafoudres installés en extérieur.....   | 77  |
| 6.5.3  | Parafoudres à circuits isolés séparés.....   | 78  |
| 6.6  | Paramètres supplémentaires si déclarés par le constructeur – Courant<br>maximal de décharge $I_{max}$ .....        | 78  |
| 7  | Essais de type .....   | 78  |
| 7.1  | Généralités .....  | 78  |
| 7.2  | Modes opératoires d'essai .....  | 79  |
| 7.2.1  | Généralités.....   | 79  |
| 7.2.2  | Chocs d'essai .....  | 82  |
| 7.2.3  | Caractéristiques des sources d'alimentation destinées aux essais.....  | 83  |
| 7.3  | Indélébilité du marquage.....  | 84  |
| 7.4  | Essais électriques.....  | 85  |
| 7.4.1  | Courant résiduel $I_{PE}$ .....  | 85  |
| 7.4.2  | Essai de fonctionnement.....   | 85  |
| 7.4.3  | Déconnecteurs et performances de sécurité des parafoudres soumis à<br>des contraintes de surcharge excessives..... | 90  |
| 7.4.4  | Essai de comportement en mode de défaillance du parafoudre.....  | 92  |
| 7.4.5  | Rigidité diélectrique .....  | 95  |
| 7.4.6  | Courant permanent $I_{CPV}$ .....  | 95  |
| 7.5  | Essais mécaniques .....  | 96  |
| 7.5.1  | Vérification des distances dans l'air et des lignes de fuite.....  | 96  |
| 7.5.2  | Critères d'acceptation.....  | 96  |
| 7.6  | Essais d'environnement et essais des matériaux.....  | 99  |
| 7.6.1  | Essai de durée de vie à la chaleur humide.....   | 99  |
| 7.6.2  | Critères d'acceptation .....   | 100 |
| 7.7  | Essais supplémentaires pour des conceptions de parafoudres spécifiques .....                                       | 100 |
| 7.7.1  | Essais des parafoudres à un port avec bornes d'entrée/sortie séparées .....  | 100 |
| 7.7.2  | Essais d'environnement des parafoudres utilisés en extérieur .....   | 100 |
| 7.7.3  | Parafoudres à circuits isolés séparés.....   | 100 |
| 8  | Essais individuels de série et essais de réception .....   | 101 |
| 8.1  | Essais individuels de série .....  | 101 |
| 8.2  | Essais de réception .....  | 101 |
| Annexe A (normative) Essais de détermination de la présence d'un composant à<br>coupure de tension et de l'amplitude du courant de suite d'un parafoudre ..... |  | 102 |
| A.1  | Généralités .....  | 102 |
| A.2  | Essai de détermination de la présence d'un composant à coupure de tension .....                                    | 102 |
| A.3  | Essai de détermination de l'amplitude du courant de suite .....  | 102 |
| Annexe B (informative) Comportement transitoire de la source d'essai PV.....   |  | 103 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| B.1                | Comportement transitoire de la source d'essai PV selon 7.2.3.1 .....   | 103 |
| B.2                | Montage d'essai utilisant un interrupteur à semiconducteur pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV .....   | 103 |
| B.3                | Montage d'essai alternatif utilisant un fusible .....  | 105 |
| Bibliographie..... |  | 107 |
|                    |  |     |
| Figure 1           | – Caractéristiques I/U (courant/tension) .....   | 83  |
| Figure 2           | – Diagramme d'essai de fonctionnement .....  | 86  |
| Figure 3           | – Exemple de montage d'essai pour l'essai de fonctionnement .....  | 87  |
| Figure 4           | – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour les classes d'essais I et II .....   | 88  |
| Figure 5           | – Chronogramme d'essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I .....   | 89  |
| Figure 6           | – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour la classe d'essai III .....  | 89  |
| Figure 7           | – Exemple de préparation des échantillons pour l'essai de comportement en mode de défaillance du parafoudre .....  | 92  |
| Figure B.1         | – Montage d'essai utilisant un interrupteur à semiconducteur réglable pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV.....   | 103 |
| Figure B.2         | – Comportement en fonction du temps de la tension et du courant pendant le temps de déconnexion d'un interrupteur à semiconducteur au niveau d'une source PV, $I_{SC} = 4 \text{ A}$ , tension de circuit ouvert = 640 V ..... | 104 |
| Figure B.3         | – Comportement de déconnexion du semiconducteur (normalisé) avec le point d'intersection $i(t) / u(t)$ .....   | 104 |
| Figure B.4         | – Caractéristique I/U de la source d'essai PV calculée à partir des enregistrements normalisés de courant et de tension de la Figure B.3.....  | 105 |
| Figure B.5         | – Montage d'essai utilisant un fusible pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV .....   | 105 |
| Figure B.6         | – Comportement de déconnexion normalisé pendant le fonctionnement d'un fusible de valeur assignée $0,1 \times I_{SCPV}$ au niveau d'une source d'essai PV avec le point d'intersection $i(t) / u(t)$ .....                     | 106 |
| Figure B.7         | – Caractéristique I/U de la source d'essai PV calculée à partir des enregistrements normalisés de courant et de tension de la Figure B.6.....  | 106 |
|                    |  |     |
| Tableau 1          | – Liste des acronymes et symboles .....  | 69  |
| Tableau 2          | – Borne et moyens de connexion conformes.....  | 76  |
| Tableau 3          | – Exigences relatives à l'environnement et aux matériaux .....   | 77  |
| Tableau 4          | – Exigences d'essais de type des parafoudres .....   | 80  |
| Tableau 5          | – Critères d'acceptation communs pour les essais de type .....   | 81  |
| Tableau 6          | – Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de fonctionnement .....  | 84  |
| Tableau 7          | – Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de mode de défaillance .....   | 84  |
| Tableau 8          | – Rigidité diélectrique .....  | 95  |
| Tableau 9          | – Distances dans l'air pour les parafoudres .....  | 97  |
| Tableau 10         | – Lignes de fuite pour les parafoudres .....   | 98  |
| Tableau 11         | – Rapport entre groupes de matériaux et classifications .....  | 99  |
| Tableau 12         | – Conducteurs pour l'essai de courant de charge assigné .....  | 100 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## PARAFONDRES BASSE TENSION –

**Partie 31: Parafoudres pour usage spécifique y compris en courant continu – Exigences et méthodes d'essai des parafoudres pour installations photovoltaïques**

## 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 61643-31 a été établie par le sous-comité 37A: Dispositifs de protection basse tension contre les surtensions, du comité d'études 37 de l'IEC: Parafoudres.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| FDIS         | Rapport de vote |
| 37A/306/FDIS | 37A/310/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61643, publiées sous le titre général *Parafoudres basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 61643 décrit les essais de sécurité et de fonctionnement des parafoudres à installer en courant continu sur les installations photovoltaïques dans le but d'assurer une protection contre les effets directs et induits de la foudre.

Il existe trois classes d'essais:

- 1) Les essais de classe I, destinés à simuler des courants de foudre partiels conduits. Les parafoudres soumis aux essais de classe I sont généralement recommandés aux emplacements très exposés, par exemple aux pénétrations de lignes dans des bâtiments protégés par un paratonnerre.
- 2) Les essais de classe II ou de classe III correspondent à des durées de choc plus courtes.
- 3) Les parafoudres sont, dans toute la mesure du possible, soumis aux essais selon le principe de la «boîte noire».

Les essais prennent en compte le fait que:

- les générateurs photovoltaïques se comportent comme des générateurs de courant,
- le courant de sortie des générateurs photovoltaïques dépend de l'intensité et de la température de la lumière incidente,
- le courant de court-circuit des générateurs photovoltaïques est légèrement supérieur au courant de fonctionnement en sortie,
- les générateurs photovoltaïques sont connectés selon des combinaisons en série et/ou en parallèle donnant lieu à une grande variété de tensions, de courants et de puissances de quelques centaines de W (dans les installations résidentielles) à plusieurs MW (champs photovoltaïques).

Les paramètres électriques spécifiques des installations photovoltaïques en courant continu impliquent la spécification d'exigences d'essai particulières pour les parafoudres.

L'IEC 61643-32 traite du choix et des principes d'application des parafoudres dans des situations pratiques dans le cadre d'une application photovoltaïque (projet en cours).

## PARAFODRES BASSE TENSION –

### Partie 31: Parafoudres pour usage spécifique y compris en courant continu – Exigences et méthodes d'essai des parafoudres pour installations photovoltaïques

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61643 est applicable aux parafoudres (SPD) de protection contre les effets indirects et directs de la foudre ou contre les surtensions transitoires. Ces dispositifs sont conçus pour être connectés en courant continu aux installations photovoltaïques de tension continue assignée jusqu'à 1 500 V.

Ces dispositifs comportent au moins un composant non linéaire et sont utilisés pour limiter les surtensions et écouler les courants de foudre. Les caractéristiques de fonctionnement, les exigences de sécurité, les méthodes normalisées d'essai ainsi que les valeurs assignées applicables sont définies.

Les parafoudres conformes à la présente norme sont exclusivement destinés à être installés en courant continu sur les générateurs photovoltaïques et en courant continu sur les onduleurs.

Les parafoudres pour systèmes photovoltaïques (systèmes PV) avec stockage d'énergie (par exemple, les batteries d'accumulateurs, les batteries de condensateurs) ne sont pas couverts.

Les parafoudres équipés de bornes d'entrée et de sortie séparées (désignés comme des parafoudres à deux ports selon l'IEC 61643-11:2011) avec une impédance série spécifique entre ces bornes ne sont pas couverts.

Les parafoudres conformes à la présente norme sont conçus pour être raccordés de façon permanente lorsque la connexion et la déconnexion des parafoudres installés à poste fixe ne peuvent s'effectuer que par l'intermédiaire d'un outil. La présente norme ne s'applique pas aux parafoudres portables.

NOTE 1 En général, les parafoudres destinés à des applications photovoltaïques ne présentent pas une impédance série spécifique entre les bornes d'entrée/sortie en raison des considérations de rendement.

NOTE 2 Le terme «réseau d'alimentation électrique» ou «réseau d'alimentation» utilisé dans le présent document fait référence au courant continu de l'installation photovoltaïque.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-2-78:2012, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

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 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61180-1, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 62475:2010, *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure*

### 3 Termes, définitions, acronymes et symboles

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

#### 3.1 Termes et définitions

##### 3.1.1

##### **dispositif de protection contre les surtensions; parafoudre SPD**

dispositif incluant au moins un composant non linéaire destiné à limiter les surtensions et à écouler les courants de foudre

Note 1 à l'article: Un parafoudre (SPD) est un ensemble complet disposant de moyens de connexion appropriés.

Note 2 à l'article: L'abréviation «SPD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «surge protective device».

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

##### 3.1.2

##### **parafoudre à un port**

parafoudre sans impédance série spécifique

Note 1 à l'article: Un parafoudre à un port peut avoir des connexions d'entrée/sortie séparées.

Note 2 à l'article: Les dispositifs de protection contre les surintensités (par exemple, les fusibles ou les disjoncteurs) ne sont pas définis comme une impédance série spécifique prévue.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.2, modifiée (ajout de la Note 2 à l'article)]

##### 3.1.3

##### **SPD à coupure de tension**

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, qui peut chuter rapidement en réponse à un choc

Note 1 à l'article: Les composants habituellement utilisés dans les SPD à coupure de tension sont les éclateurs, les tubes à gaz et les thyristors. Ces composants sont parfois dits «de type crowbar».

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.4, modifiée (le terme original se référait à "SPD de type coupure de tension")]

### 3.1.4

#### **SPD à limitation de tension**

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue au fur et à mesure que le courant de foudre et la tension de choc augmentent

Note 1 à l'article: Les composants habituellement utilisés dans les SPD à limitation de tension sont les varistances et les diodes à avalanche. Ces composants sont parfois dits «de type clamping».

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.5, modifiée (le terme original se référait à "SPD de type limitation de tension")]

### 3.1.5

#### **SPD à protection combinée**

parafoudres comportant à la fois des composants à coupure de tension et des composants à limitation de tension. Le parafoudre peut avoir une fonction de coupure de tension, de limitation de tension ou les deux à la fois

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.6, modifiée (le terme original se référait à "SPD de type protection combinée")]

### 3.1.6

#### **mode de protection**

chemin de courant entre des bornes, comportant un ou plusieurs composants de protection, pour lesquels le constructeur déclare un niveau de protection

Note 1 à l'article: Des bornes supplémentaires peuvent être comprises dans ce chemin de courant.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.8, modifiée (le terme original se référait à "mode de protection d'un SPD", ajout de la Note 1 à l'article)]

### 3.1.7

#### **courant nominal de décharge**

$I_n$

valeur de crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.9, modifiée (le terme original se référait à "courant nominal de décharge pour les essais de classe II")]

### 3.1.8

#### **courant de choc de décharge pour les essais de classe I**

$I_{imp}$

valeur de crête d'un courant de décharge traversant le parafoudre ayant un transfert de charge spécifié  $Q$  et une énergie spécifiée  $W/R$  pendant une durée spécifiée

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.10]

### 3.1.9

#### **courant maximal de décharge**

$I_{max}$

valeur de crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre et d'une amplitude conforme à la spécification du constructeur

Note 1 à l'article:  $I_{max}$  est supérieur ou égal à  $I_n$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.48]

### 3.1.10

#### tension maximale de régime permanent pour application photovoltaïque

$U_{CPV}$

tension continue maximale, qui peut être appliquée en régime permanent au mode de protection du parafoudre

### 3.1.11

#### courant permanent pour application photovoltaïque

$I_{CPV}$

courant s'écoulant à travers les bornes positive et négative du parafoudre, ce dernier étant alimenté à la tension  $U_{CPV}$

### 3.1.12

#### courant résiduel

$I_{PE}$

courant s'écoulant à travers la borne du conducteur de protection du parafoudre, ce dernier étant alimenté à la tension  $U_{CPV}$

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.4, modifiée (référence à la tension d'essai de référence différente)]

### 3.1.13

#### courant de suite

$I_f$

courant de crête fourni par le réseau d'alimentation électrique et s'écoulant à travers le parafoudre après un choc de courant de décharge

Note 1 à l'article: Le courant de suite diffère significativement du courant permanent  $I_{CPV}$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.2, modifiée (ajout de la Note 1 à l'article)]

### 3.1.14

#### courant de charge assigné

$I_L$

valeur maximale du courant continu assigné permanent pouvant être fourni par les bornes d'entrée/sortie d'un parafoudre

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.13, modifiée (définition modifiée)]

### 3.1.15

#### niveau de protection en tension

$U_p$

tension maximale aux bornes du parafoudre, due à une contrainte de choc à gradient de tension défini et une contrainte de choc à courant de décharge, d'amplitude et de forme d'onde données

Note 1 à l'article: Le niveau de protection en tension est indiqué par le constructeur; il n'est pas admis qu'il soit inférieur à:

- la tension de limitation mesurée, déterminée pour la valeur de la tension d'amorçage sur le front d'onde (le cas échéant) et la tension de limitation mesurée, déterminée à partir des mesurages de tension résiduelle à des amplitudes jusqu'à  $I_n$  et/ou  $I_{imp}$  respectivement pour des essais de classe II et/ou de classe I;
- la tension de limitation mesurée déterminée pour les mesurages de forme d'onde combinée jusqu'à  $U_{OC}$  pour la classe d'essai III.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.2, modifiée (Note 1 à l'article modifiée)]

**3.1.16****tension de limitation mesurée**

valeur la plus élevée de la tension mesurée aux bornes du parafoudre, pendant l'application de chocs de forme d'onde et d'amplitude spécifiées

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.15]

**3.1.17****tension résiduelle**

$U_{res}$

valeur de crête de la tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.16]

**3.1.18****tension de choc 1,2/50**

tension de choc dont la durée nominale du front virtuel est de 1,2  $\mu$ s et dont la durée nominale jusqu'à mi-valeur est de 50  $\mu$ s

Note 1 à l'article: L'Article 8 de l'IEC 60060-1: 2010 définit les tensions de choc de la durée du front, de la durée jusqu'à mi-valeur et de la forme d'onde. L'IEC 61643-1 définit les valeurs des tolérances spécifiques.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.20]

**3.1.19****courant de choc 8/20**

courant de choc dont la durée nominale du front virtuel est de 8  $\mu$ s et dont la durée nominale jusqu'à mi-valeur est de 20  $\mu$ s

Note 1 à l'article: L'Article 10 de l'IEC 62475: 2010 définit les courants de choc de la durée du front, durée jusqu'à mi-valeur et de la forme d'onde. L'IEC 61643-11 définit les valeurs des tolérances spécifiques.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.21]

**3.1.20****forme d'onde combinée**

onde caractérisée par une amplitude définie ( $U_{OC}$ ) et une forme d'onde en circuit ouvert ainsi que par une amplitude définie ( $I_{CW}$ ) et une forme d'onde en court-circuit

Note 1 à l'article: L'amplitude de la tension, l'amplitude du courant et la forme d'onde délivrées au parafoudre sont déterminées par l'impédance  $Z_f$  du générateur d'ondes combinées (CWG) et par celle du dispositif en essai (DUT).

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.22]

**3.1.21****tension de circuit ouvert**

$U_{OC}$

tension en circuit ouvert du générateur d'ondes combinées au point de connexion du dispositif en essai

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.23]

**3.1.22****courant de court-circuit du générateur d'ondes combinées**

$I_{CW}$

valeur présumée du courant de court-circuit du générateur d'ondes combinées, au point de connexion du dispositif en essai

Note 1 à l'article: Lorsque le parafoudre est connecté au générateur d'ondes combinées, le courant qui passe à travers le dispositif est en général inférieur à  $I_{CW}$ .

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.24]

### 3.1.23

#### **stabilité thermique**

état d'un parafoudre si, après échauffement au cours de l'essai de fonctionnement, sa température diminue au cours du temps, alors qu'il est alimenté à la valeur maximale spécifiée de tension en régime permanent et dans les conditions de température ambiante spécifiées

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.25]

### 3.1.24

#### **dégradation (des performances)**

écart permanent indésirable des performances opérationnelles d'un équipement ou d'un système par rapport à ses performances prévues

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.26]

### 3.1.25

#### **courant de court-circuit assigné du parafoudre**

##### **$I_{SCPV}$**

valeur maximale présumée d'un courant de court-circuit du réseau d'alimentation pour lequel les caractéristiques assignées du parafoudre, associé à ses déconnecteurs spécifiés, sont prévues

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.27, modifiée (le terme original se référait à  $I_{SCCR}$ )]

### 3.1.26

#### **déconnecteur de parafoudre**

dispositif assurant la déconnexion d'un parafoudre ou d'une partie de parafoudre du réseau d'alimentation en cas de défaillance du parafoudre

Note 1 à l'article: Il n'est pas exigé que ce dispositif de déconnexion dispose d'une capacité de sectionnement à des fins de sécurité. Il a pour but de prévenir un défaut permanent sur le réseau et il est utilisé pour indiquer une éventuelle défaillance du parafoudre. Les déconnecteurs peuvent être internes (intégrés) ou externes (exigés par le constructeur). Le déconnecteur peut avoir plusieurs fonctions, par exemple une fonction de protection contre les surintensités et une fonction de protection thermique. Ces fonctions peuvent être assurées par des éléments séparés.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.28]

### 3.1.27

#### **degré de protection de l'enveloppe**

##### **IP**

classification, précédée du symbole IP, indiquant le degré de protection assurée par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, contre la pénétration d'objets solides et éventuellement contre les effets nuisibles de la pénétration d'eau

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.29]

### 3.1.28

#### **essai de type**

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

**3.1.29****essai individuel de série**

essai effectué sur chaque parafoudre ou sur des parties et des matières tel qu'il est exigé afin de s'assurer que le produit satisfait aux spécifications prévues

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

**3.1.30****essai de réception**

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que l'entité répond à certaines conditions de sa spécification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

**3.1.31****classification des essais de choc****3.1.31.1****essais de classe I**

essais effectués au courant de choc de décharge  $I_{imp}$ , avec une forme d'onde de courant de choc 8/20 d'une valeur égale à la valeur de crête de  $I_{imp}$  et, le cas échéant, d'une forme d'onde de tension de choc de 1,2/50

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.1, modifiée (ajout de «le cas échéant»)]

**3.1.31.2****essais de classe II**

essais effectués au courant nominal de décharge 8/20  $I_n$  et, le cas échéant, à une forme d'onde de tension de choc de 1,2/50

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.2, modifiée (ajout de «le cas échéant»)]

**3.1.31.3****essais de classe III**

essais effectués avec le générateur d'ondes combinées de forme d'onde de tension de choc de 1,2/50 et de forme d'onde de courant de choc 8/20

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.34.3]

**3.1.32**

**tension d'amorçage ou tension de déclenchement d'un parafoudre à coupure de tension**  
valeur maximale de tension à laquelle le passage soudain d'une haute impédance à une basse impédance débute dans le cas d'un parafoudre à coupure de tension

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.36]

**3.1.33****énergie spécifique pour un essai de classe I**

$W/R$

énergie dissipée par une résistance unitaire de 1  $\Omega$  pour un courant de choc de décharge  $I_{imp}$

Note 1 à l'article: Elle est égale à l'intégrale temporelle du carré du courant ( $W/R = \int i^2 dt$ ).

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.37]

**3.1.34****courant de court-circuit présumé** $I_p$ 

courant qui s'écoulerait en un point donné d'un circuit s'il était court-circuité en ce point par un conducteur d'impédance négligeable

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.38, modifiée (suppression de "d'un circuit d'alimentation" du terme original et suppression de la Note à l'article)]

**3.1.35****indicateur d'état**

dispositif indiquant l'état opérationnel d'un parafoudre ou d'une partie de parafoudre

Note 1 à l'article: Ces indicateurs peuvent être locaux avec des alarmes visuelles et/ou sonores et/ou peuvent avoir une signalisation à distance et/ou un contact de sortie.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.41]

**3.1.36****contact de sortie**

contact incorporé dans un circuit séparé du circuit principal d'un parafoudre et relié à un déconnecteur ou à un indicateur d'état

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.42]

**3.1.37****parafoudre multipôle**

type de parafoudre comportant plusieurs modes de protection ou combinaison de parafoudres électriquement reliés entre eux et proposés comme un ensemble unitaire

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.43]

**3.1.38****courant total de décharge** $I_{Total}$ 

courant qui circule à travers le conducteur de terre d'un parafoudre multipôle pendant l'essai du courant total de décharge

Note 1 à l'article: Cet essai est utilisé pour vérifier les effets cumulés de modes de protection multiples d'un parafoudre multipôle simultanément appliqués.

Note 2 à l'article:  $I_{Total}$  est notamment pertinent pour des parafoudres soumis à des essais de classe I et utilisés pour assurer une liaison équipotentielle de protection contre la foudre conformément à la série IEC 62305.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.44, modifiée ("conducteur PE ou PEN" remplacé par "conducteur de terre")]

**3.1.39****tension pour la détermination des distances dans l'air** $U_{max}$ 

valeur la plus élevée de la tension mesurée lors des essais de choc selon 8.3.3.1 de l'IEC 61643-11:2011

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.47]

**3.1.40****mode de défaillance en circuit ouvert****OCFM**

comportement en situation de défaut par lequel un parafoudre passe à une haute impédance permanente ou à un état de circuit ouvert sous certaines conditions

Note 1 à l'article: Un état intermédiaire de basse impédance est possible pendant une durée limitée jusqu'à ce que le mode de défaillance final soit atteint.

Note 2 à l'article: L'abréviation «OCFM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «open-circuit failure mode»

### **3.1.41 mode de défaillance en court-circuit SCFM**

comportement en situation de défaut par lequel un parafoudre passe à une basse impédance permanente ou à un état de court-circuit sous certaines conditions

Note 1 à l'article: L'abréviation «SCFM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «short-circuit failure mode».

### **3.1.42 tension d'essai**

$U_{\text{test}}$   
tension d'essai dérivée du système photovoltaïque

Note 1 à l'article: La valeur de  $U_{\text{test}}$  peut varier en fonction des modes opératoires d'essai.

### **3.1.43 courant d'essai**

$I_{\text{test}}$   
courant d'essai dérivé du système photovoltaïque

Note 1 à l'article: La valeur de  $I_{\text{test}}$  peut varier en fonction des modes opératoires d'essai.

### **3.1.44 dispositif de mise en court-circuit du parafoudre**

moyen interne destiné à court-circuiter un parafoudre déclaré en mode SCFM dans des conditions spécifiées, avec un courant maximal admissible égal au courant de court-circuit assigné  $I_{\text{SCPV}}$  du parafoudre

### **3.1.45 tension nominale de varistance**

$U_{1\text{mA}}$   
tension dans la MOV mesurée à un courant continu de 1 mA

## **3.2 Acronymes / Symboles**

Le Tableau 1 donne la liste des acronymes et symboles utilisés dans la présente norme.

**Tableau 1 – Liste des acronymes et symboles**

| Acronymes et symboles |   | Description   | Définition/article |
|-----------------------|---|---|--------------------|
| Généralités           | DUT   | device under test (dispositif en essai)                           | Généralités        |
|                       | IP  | degré de protection d'une enveloppe                               | 3.1.27             |
|                       | SPD   | surge protective device (parafoudre)                              | 3.1.1              |
|                       | W/R   | énergie spécifique pour un essai de classe I                      | 3.1.33             |
|                       | $\overline{T1}$ , $\overline{T2}$ et/ou $\overline{T3}$ | marquage du produit pour des classes d'essais I, II et/ou III     | 6.1.1.2 3)         |
|                       | OCFM  | Open Circuit Failure Mode (Mode de défaillance en circuit ouvert) | 3.1.40             |
|                       | SCFM  | Short Circuit Failure Mode (Mode de défaillance en court circuit) | 3.1.41             |
| Tension               | $U_{CPV}$   | tension maximale de régime permanent du parafoudre                | 3.1.10             |
|                       | $U_p$   | niveau de protection en tension                                   | 3.1.15             |
|                       | $U_{res}$   | tension résiduelle  | 3.1.17             |
|                       | $U_{max}$   | tension pour la détermination des distances dans l'air            | 3.1.39             |
|                       | $U_{OC}$  | tension de circuit ouvert du générateur d'ondes combinées         | 3.1.20/3.1.21      |
|                       | $U_{Test}$  | Tension d'essai   | 3.1.42             |
|                       | $U_{1mA}$   | tension nominale de varistance                                    | 3.1.45             |
| Courant               | $I_{imp}$   | courant de choc de décharge pour les essais de classe I           | 3.1.8              |
|                       | $I_{max}$   | courant maximal de décharge                                       | 3.1.9              |
|                       | $I_n$   | courant nominal de décharge pour les essais de classe II          | 3.1.7              |
|                       | $I_f$   | courant de suite  | 3.1.13             |
|                       | $I_L$   | courant de charge assigné   | 3.1.14             |
|                       | $I_{CW}$  | courant de court-circuit du générateur d'ondes combinées          | 3.1.22/3.1.20      |
|                       | $I_{SCPV}$  | courant de court-circuit assigné                                  | 3.1.25             |
|                       | $I_P$   | courant de court-circuit présumé                                  | 3.1.34             |
|                       | $I_{PE}$  | courant résiduel à $U_{CPV}$                                      | 3.1.12             |
|                       | $I_{Total}$   | courant total de décharge pour un parafoudre multipôle            | 3.1.38             |
|                       | $I_{CPV}$   | courant permanent pour application photovoltaïque                 | 3.1.11             |
|                       | $I_{test}$  | courant d'essai   | 3.1.43             |

## 4 Conditions de service

### 4.1 Tension

La tension appliquée de manière continue entre les bornes du parafoudre (SPD) ne doit pas dépasser sa tension maximale de régime permanent  $U_{CPV}$ .

### 4.2 Pression atmosphérique et altitude

La pression atmosphérique est de 80 kPa à 106 kPa. Ces valeurs représentent respectivement une altitude de +2 000 m à -500 m.

### 4.3 Températures

- plage normale: -5°C à +40 °C
- plage étendue: -40 °C à +70 °C

### 4.4 Humidité

- plage normale: 5 % à 95 %
- plage étendue: 5 % à 100 %

## 5 Classification

### 5.1 Généralités

Le constructeur doit classer les parafoudres selon les paramètres suivants:

### 5.2 Conception du parafoudre

- À coupure de tension
- À limitation de tension
- À protection combinée

### 5.3 Essais de classe I, II et III

Les informations exigées pour les essais de classes I, II et III sont données dans le Tableau 2 de l'IEC 61643-11:2011.

### 5.4 Emplacement

#### 5.4.1 En intérieur

Parafoudres destinés à être utilisés dans des enveloppes et/ou à l'intérieur des bâtiments ou sous abri.

Les parafoudres installés en extérieur dans des enveloppes ou sous abri sont considérés comme des parafoudres pour usage intérieur.

NOTE Cette classification concerne les parafoudres utilisés sous abri, dans des lieux protégés contre les intempéries sans régulation de la température et de l'humidité; il s'agit des caractéristiques d'influence externe de code AB4 décrites dans l'IEC 60364-5-51.

#### 5.4.2 En extérieur

Parafoudres destinés à être utilisés sans enveloppe et à l'extérieur des bâtiments ou des abris.

NOTE Cette classification concerne les parafoudres utilisés dans des lieux non protégés contre les intempéries.

### 5.5 Accessibilité

#### 5.5.1 Accessible

Parafoudre qui peut être totalement ou partiellement touché par une personne non qualifiée, sans utilisation d'un outil pour ouvrir d'éventuels couvercles ou enveloppes après installation.

#### 5.5.2 Inaccessible

Parafoudre qui ne peut être touché par une personne non qualifiée, soit parce qu'il est hors d'atteinte, soit parce qu'il se trouve dans des enveloppes qui, après installation, ne peuvent être ouvertes qu'au moyen d'outils.

## 5.6 Déconnecteurs (comportant une protection contre les surintensités)

- Emplacement
  - Interne
  - Externe
  - Combiné (interne et externe)
- Fonctions de protection
  - Thermique
  - Courant de fuite
  - Surintensité

## 5.7 Degré de protection procuré par les enveloppes conformément au code IP de l'IEC 60529

## 5.8 Plages de températures et d'humidité

- Normal
- Étendue

## 5.9 Parafoudre multipôle

- Oui
- Non

## 5.10 Mode de défaillance du parafoudre

- Mode de défaillance en circuit ouvert (OCFM)
- Mode de défaillance en court-circuit (SCFM)

## 5.11 Système photovoltaïque (PV) de terre

- Mis à la terre
- Non mis à la terre
- Combiné (mis à la terre et non mis à la terre)

# 6 Exigences

## 6.1 Exigences générales

### 6.1.1 Identification

#### 6.1.1.1 General

Les indications suivantes doivent être fournies par le constructeur.

#### 6.1.1.2 Marquages devant obligatoirement figurer ou être apposés de manière permanente sur le corps du parafoudre

- 1) Le nom du constructeur ou la marque de fabrique et le numéro de série
- 2) La tension maximale de régime permanent pour application photovoltaïque  $U_{CPV+/-PE}$ ,  $-/PE$  et  $+/-$  le cas échéant (une valeur pour chaque mode de protection sauf si toutes les valeurs sont identiques)
- 3) Les lettres «PV» (signifiant photovoltaïque) combinées avec la classe d'essai du parafoudre et les paramètres de décharge pour chaque mode de protection déclarés par le constructeur et imprimés côte à côte:
  - pour la classe d'essai I:  
«classe d'essai I» et « $I_{Imp}$ » ainsi que la valeur en kA, et/ou  
« $\boxed{T1}$ » (T1 encadré) et « $I_{Imp}$ » ainsi que la valeur en kA (par exemple, PV  $\boxed{T1}$   $I_{Imp}$ : 10 kA);

- pour la classe d'essai II:  
«classe d'essai II» et « $I_n$ » ainsi que la valeur en kA, et/ou  
« $\overline{T2}$ » (T2 encadré) et « $I_n$ » ainsi que la valeur en kA (par exemple, PV  $\overline{T2}$   $I_n$ : 10 kA);
  - pour la classe d'essai III:  
«classe d'essai III» et « $U_{OC}$ » ainsi que la valeur en kV, et/ou  
« $\overline{T3}$ » (T3 encadré) et « $U_{OC}$ » ainsi que la valeur en kV (par exemple, PV  $\overline{T3}$   $U_{OC}$ : 6 kV);
- 4) Le niveau de protection en tension  $U_p$  +/PE, -/PE et +/- le cas échéant (une valeur pour chaque mode de protection sauf si toutes les valeurs sont identiques);
  - 5) Le degré de protection procuré par l'enveloppe (code IP) si > IP20;
  - 6) L'identification des bornes ou des conducteurs (si non déjà identifié sur les dispositifs);
  - 7) Le courant de charge assigné  $I_L$  pour les parafoudres à un port avec bornes d'entrée et de sortie séparées.

Lorsque l'espace disponible ne permet pas d'insérer les marquages ci-dessus, il est suffisant d'indiquer 1) et 6) (si les bornes ne sont pas interchangeables). Les autres marquages exigés doivent figurer dans les instructions d'installation.

Un parafoudre peut être classé selon plus d'une classe d'essai (par exemple, Classe d'essai I  $\overline{T1}$  et Classe d'essai II  $\overline{T2}$ ). Dans ce cas, les essais exigés pour chaque classe d'essai doivent être réalisés. Si dans un tel cas le constructeur déclare seulement un niveau de protection, seul le niveau le plus élevé doit figurer sur le marquage.

#### 6.1.1.3 Informations qui doivent être fournies avec les produits livrés

- 1) L'emplacement (Voir 5.4)
- 2) La méthode d'installation
- 3) Le courant de court-circuit assigné  $I_{SCPV}$
- 4) Les valeurs assignées et les caractéristiques du ou des déconnecteurs externes du parafoudre, si cela est exigé.
- 5) L'indication de fonctionnement du déconnecteur (s'il existe) ou dispositif de mise en court-circuit (s'il existe).
- 6) L'orientation pour une installation normale, si elle est significative
- 7) Les instructions d'installation:
- 8) type de systèmes PV (mis à la terre, non mis à la terre)
- 9) raccordement prévu (+/- à terre, + à -)
- 10) dimensions mécaniques, longueurs des conducteurs, etc.
- 11) La plage de températures et d'humidité (voir 0 et 4.4)
- 12) Les courants résiduels  $I_{PE}$  en courant alternatif et en courant continu
- 13) Le mode de défaillance du parafoudre, par exemple OCFM ou SCFM
- 14) Si le parafoudre a été déclaré en mode SCFM, une indication claire doit être donnée de sorte qu'il ne puisse être installé sur un équipement de conversion de puissance non électriquement séparé
- 15) Le courant maximal de décharge  $I_{max}$  (si déclaré par le constructeur)
- 16) Le courant permanent  $I_{CPV}$
- 17) En raison de la formation éventuelle d'arcs de courant continu, les parafoudres pour lesquels le constructeur déclare le mode de défaillance en court-circuit (SCFM) doivent exiger des mesures spécifiques pour assurer la sécurité de l'opérateur lors des opérations de maintenance ou de remplacement

#### 6.1.1.4 Informations qui doivent être fournies sur la fiche technique du produit

- 1) Le courant total de décharge  $I_{Total}$  pour des parafoudres multipôles et la classe d'essai correspondante

- 2) Les informations relatives aux éléments remplaçables (indicateurs, fusibles, etc., le cas échéant)
- 3) Les modes de protection (pour les parafoudres avec plus d'un mode de protection)

#### **6.1.1.5 Informations qui doivent être fournies par le constructeur pour les essais de type**

- 1) La présence éventuelle d'un ou de plusieurs composants de coupure (voir l'Annexe A)
- 2) Le courant de suite à prévoir ( $\leq 5$  A ou  $> 5$  A: voir l'Annexe A)
- 3) Si le circuit d'indication d'état n'utilise pas des composants certifiés utilisés selon leurs caractéristiques assignées, le constructeur doit fournir les normes d'essai appropriées permettant de vérifier le composant spécifique concerné
- 4) L'isolement et la rigidité diélectrique des circuits isolés séparés

La conformité est vérifiée par examen visuel.

#### **6.1.2 Marquage**

Les marquages sur le dispositif doivent être indélébiles et lisibles et ne doivent pas être apposés sur les vis et autres pièces amovibles.

NOTE Un module de parafoudre enfichable n'est pas considéré comme une pièce amovible pour les besoins du marquage.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.3.

### **6.2 Exigences électriques**

#### **6.2.1 Protection contre les contacts directs**

En ce qui concerne la protection contre les contacts directs (inaccessibilité des parties actives), les parafoudres doivent être conçus de manière à ce que les parties actives ne puissent être touchées lorsqu'ils sont installés conformément à l'usage prévu.

Les parafoudres, à l'exception de ceux classés comme inaccessibles, doivent être conçus de façon à ce que, lorsqu'ils sont câblés et montés comme en utilisation normale, les parties actives restent inaccessibles même lorsque les parties amovibles pouvant être retirées sans l'aide d'un outil ont été retirées.

Après l'installation conformément aux instructions d'installation du constructeur, la protection contre les contacts avec des parties actives du parafoudre, qui peuvent être accessibles aux personnes n'ayant pas reçu d'instructions, doit au moins satisfaire aux exigences de l'IP2XC conformément à l'IEC 60529.

La connexion entre les bornes de terre et toutes les parties conductrices accessibles doit présenter une faible résistance.

La conformité est vérifiée en effectuant les essais décrits dans l'IEC 60529 et en 8.3.1 de l'IEC 61643-11:2011.

#### **6.2.2 Courant résiduel $I_{PE}$**

Pour les parafoudres équipés d'une borne de raccordement du conducteur de protection, le courant résiduel  $I_{PE}$  doit être mesuré en connectant les bornes du parafoudre à une alimentation à la tension maximale de régime permanent ( $U_{CPV}$ ).

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.1.

### 6.2.3 Niveau de protection en tension $U_p$

La ou les tensions de limitation mesurées du parafoudre ne doivent pas être supérieures au niveau de protection en tension spécifié par le constructeur.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 8.3.3 de l'IEC 61643-11:2011.

### 6.2.4 Régime de fonctionnement

Le parafoudre doit être en mesure de supporter les courants de décharge spécifiés superposés à la tension maximale de régime permanent  $U_{CPV}$  sans modification inacceptable de ses caractéristiques.

De plus, les SPD à coupure de tension ou les SPD à protection combinée doivent être en mesure de couper tout courant de suite jusqu'au courant de court-circuit assigné ( $I_{SCPV}$ ).

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.2.

### 6.2.5 Déconnecteurs et indicateurs d'état

#### 6.2.5.1 Déconnecteurs

Les parafoudres en mode de défaillance OCFM doivent comporter des déconnecteurs (qui peuvent être internes ou externes ou les deux à la fois). Le fonctionnement des déconnecteurs doit être signalé par un indicateur d'état correspondant.

Le Tableau 4 donne des informations relatives à l'inclusion des déconnecteurs au cours des différents essais de type. Le comportement exigé des déconnecteurs pendant et après les différents essais de type est indiqué par les points F, G, H et J du Tableau 5 et est vérifié en effectuant les essais décrits en 7.4.3.

#### 6.2.5.2 Dispositif de mise en court-circuit

Le parafoudre en mode de défaillance SCFM doit comporter un dispositif de mise en court-circuit. Le fonctionnement de ce dispositif doit être signalé par un indicateur d'état correspondant.

#### 6.2.5.3 Protection thermique

Les parafoudres doivent être protégés contre tout échauffement dû à une dégradation ou à une surcharge.

Cet essai n'est pas effectué sur des parafoudres photovoltaïques comportant uniquement des composants à coupure de tension et/ou des dispositifs ABD (diode à avalanche).

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.3.2.

#### 6.2.5.4 Mode de défaillance du parafoudre

Un parafoudre doit se mettre en défaut sans entraîner de situation dangereuse ou doit supporter le courant de court-circuit assigné  $I_{SCPV}$  déclaré qui peut survenir lors d'une défaillance du parafoudre.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.4.

Cet essai ne s'applique pas au(x) mode(s) de protection qui comporte (comportent) uniquement des composants à coupure de tension.

En raison des dangers éventuels pour les personnes et pour les biens résultant de la formation d'arcs de courant continu pendant le remplacement, les parafoudres enfichables en

mode de défaillance en court-circuit (SCFM) (qui peuvent être remplacés sans l'aide d'un outil) nécessitent des moyens appropriés de déconnexion qui doivent être déclarés par le constructeur. La conformité est vérifiée par examen des instructions d'installation conformément aux exigences du 6.1.1.3 17).

#### **6.2.5.5 Indicateurs d'état**

Le constructeur doit fournir des informations relatives à la fonction de l'indicateur et les actions à entreprendre après chaque modification d'état.

Un indicateur d'état peut être constitué de deux parties (dont l'une n'est pas remplacée en cas de modification par exemple d'un module enfichable) reliées par un mécanisme de couplage pouvant être mécanique, optique, sonore, électromagnétique, etc. La partie de l'indicateur d'état qui n'est pas remplacée (par exemple, la base de l'embase) doit pouvoir fonctionner au moins 50 fois.

L'action du mécanisme de couplage agissant sur la partie non remplacée de l'indicateur d'état peut être simulée par des moyens autres que le fonctionnement de la partie remplacée du parafoudre, par exemple un ressort ou un électroaimant séparé.

S'il existe une norme appropriée pour le type d'indication utilisé, la partie non remplacée de l'indicateur d'état doit y satisfaire, sauf que l'indicateur ne nécessite d'être vérifié que pour 50 manœuvres.

#### **6.2.6 Résistance d'isolement**

La résistance d'isolement du parafoudre doit être suffisante pour ce qui concerne le courant de fuite et la protection contre les contacts directs.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 8.3.6 de l'IEC 61643-11:2011.

#### **6.2.7 Rigidité diélectrique**

La rigidité diélectrique du boîtier du parafoudre doit être suffisante pour ce qui concerne la rupture de l'isolement et la protection contre les contacts directs.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.5.

#### **6.2.8 Courant permanent $I_{CPV}$**

Le courant s'écoulant par les bornes positive et négative du parafoudre doit être mesuré lorsque ce dernier est alimenté à la tension maximale de régime permanent  $U_{CPV}$  et connecté conformément aux instructions du constructeur.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.4.6.

#### **6.2.9 Courant total de décharge $I_{Total}$ (pour parafoudres multipôles)**

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 8.7.1 de l'IEC 61643-11:2011.

### **6.3 Exigences mécaniques**

#### **6.3.1 Montage**

Les parafoudres doivent être équipés de moyens assurant leur stabilité mécanique après montage.

Des dispositifs mécaniques de détrompage/enclenchement doivent être prévus afin de prévenir toute combinaison incorrecte de modules de parafoudres enfichables et des embases correspondantes.

La conformité est vérifiée par examen visuel.

### 6.3.2 Vis, parties conductrices et connexions

La conformité est vérifiée selon 8.4.1 de l'IEC 61643-11:2011 par examen et montage de vérification.

### 6.3.3 Connexions externes

Les bornes et les moyens de connexion énumérés dans le Tableau 2 satisfont aux exigences de la présente norme.

D'autres bornes et moyens de connexion doivent être soumis à l'essai conformément aux normes applicables afin d'assurer des performances adéquates.

**Tableau 2 – Borne et moyens de connexion conformes**

| Borne et moyen de connexion  | Norme(s) de référence                 |
|--|---------------------------------------|
| Dispositifs de serrage de type à vis, par exemple: bornes à vis, à trou et à goujon fileté | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.1 et 8.4.2.1 |
| Dispositifs de serrage de type sans vis  | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.2 et 8.4.2.2 |
| Borne plate à connexion rapide   | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.4 et 8.4.2.4 |
| Connexions par queues-de-cochon (conducteurs volants)                                      | IEC 61643-11:2011, 7.3.3.5 et 8.4.2.5 |
| Connecteurs pour systèmes photovoltaïques  | IEC 62852                             |

### 6.3.4 Distances dans l'air et lignes de fuite

Le parafoudre doit présenter des distances dans l'air et des lignes de fuite appropriées.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.5.1.

### 6.3.5 Résistance mécanique du matériel

Toutes les parties du parafoudre jouant un rôle dans la protection contre les contacts directs doivent présenter une résistance mécanique suffisante.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 8.4.4 de l'IEC 61643-11:2011.

## 6.4 Exigences relatives à l'environnement et aux matériaux

### 6.4.1 Généralités

Les parafoudres doivent fonctionner de manière satisfaisante dans les conditions de service spécifiées conformément à l'Article 4 et aux exigences et essais indiqués dans le Tableau 3.

**Tableau 3 – Exigences relatives à l'environnement et aux matériaux**

|   | Norme(s) de référence             |
|---|-----------------------------------|
| Degré de protection procuré par l'enveloppe (code IP) | IEC 61643-11:2011, 7.4.1 et 8.5.1 |
| Résistance à la chaleur                               | IEC 61643-11:2011, 7.4.2 et 8.5.2 |
| Essai à la bille                                      | IEC 61643-11:2011, 7.4.2 et 8.5.3 |
| Résistance au feu                                     | IEC 61643-11: 7.4.3 et 8.5.4      |
| Résistance au cheminement                             | IEC 61643-11: 7.4.4 et 8.5.5      |

#### 6.4.2 Essai de durée de vie à la chaleur humide

La conformité est vérifiée par essai conformément au 7.6.1.

#### 6.4.3 Compatibilité électromagnétique

##### 6.4.3.1 Immunité aux perturbations électromagnétiques

Les parafoudres qui ne comportent pas de circuits électroniques ou qui comportent des circuits électroniques dont tous les composants sont passifs (par exemple des diodes, des résistances, des condensateurs, des inductances, des varistances et autres composants de protection contre les surtensions) ne sont généralement pas sensibles aux perturbations électromagnétiques dans des conditions normales de service prévues. Par conséquent, aucun essai d'immunité n'est exigé. Pour les parafoudres qui comportent des circuits électroniques sensibles, se reporter à l'IEC 61000-6-1.

##### 6.4.3.2 Émissions électromagnétiques

Pour les parafoudres qui ne comportent pas de circuits électroniques ou qui comportent des circuits électroniques qui ne génèrent pas de fréquences fondamentales supérieures à 9 kHz en fonctionnement normal, les perturbations électromagnétiques ne peuvent être générées que lors des opérations de protection. Les durées de ces perturbations sont de l'ordre des microsecondes aux millisecondes.

La fréquence, le niveau et les conséquences de ces émissions sont pris en compte dans le cadre de l'environnement électromagnétique normal des installations basse tension. De ce fait, les exigences relatives aux émissions électromagnétiques sont considérées comme satisfaites et aucune vérification n'est nécessaire.

Pour les parafoudres comportant des circuits électroniques comprenant une fonction de coupure et fonctionnant à une fréquence de 9 kHz ou plus, se reporter à l'IEC 61000-6-3.

#### 6.5 Exigences supplémentaires pour des conceptions de parafoudres spécifiques

##### 6.5.1 Parafoudres à un port avec bornes d'entrée/sortie séparées – Courant de charge assigné $I_L$

Le constructeur doit déclarer le courant de charge assigné.

La conformité est vérifiée en effectuant l'essai décrit en 7.7.1.1.

##### 6.5.2 Essais d'environnement des parafoudres installés en extérieur

Les parafoudres installés en extérieur doivent avoir une résistance suffisante aux rayonnements ultraviolets et à la corrosion.

Cette caractéristique doit être vérifiée en réalisant les essais décrits en 7.7.2 et à l'Annexe F de l'IEC 61643-11:2011.

### 6.5.3 Parafoudres à circuits isolés séparés

Lorsqu'un parafoudre comporte un circuit électriquement séparé du circuit principal, le constructeur doit fournir des informations relatives au sectionnement et aux tensions de tenue diélectrique entre les circuits ainsi que les normes pertinentes auxquelles il revendique la conformité.

Lorsque plus de deux circuits sont présents, les déclarations doivent être spécifiées pour chaque combinaison de circuits.

La résistance d'isolement entre les circuits principaux et les circuits isolés séparés doit être vérifiée en effectuant l'essai de 8.3.6 de l'IEC 61643-11:2011.

La rigidité diélectrique entre les circuits principaux et les circuits isolés séparés doit être vérifiée en réalisant l'essai décrit en 7.4.5.

### 6.6 Paramètres supplémentaires si déclarés par le constructeur – Courant maximal de décharge $I_{max}$

Si le constructeur déclare une valeur  $I_{max}$ , cette valeur doit être vérifiée en réalisant les essais décrits en 8.3.3.1 de l'IEC 61643-11:2011 en appliquant uniquement un choc de  $I_{max}$  à la polarité qui a généré la tension résiduelle la plus élevée pendant l'essai précédent.

## 7 Essais de type

### 7.1 Généralités

Les essais de type sont effectués comme décrit dans le Tableau 4 sur trois échantillons par séquence d'essais. Dans chaque séquence, les essais doivent être réalisés dans l'ordre indiqué dans le Tableau 4. L'ordre dans lequel les séquences d'essais sont réalisées peut être modifié. Les essais des bornes doivent être effectués sur trois échantillons de bornes pour chaque type de construction/borne (un parafoudre comportant au moins trois bornes identiques satisfait à cette exigence d'échantillonnage).

Voir le Tableau 5 pour les critères d'acceptation communs des essais de type.

Un échantillon satisfait à une séquence d'essais du Tableau 4 lorsque toutes les exigences des articles d'essais pertinents et des critères d'acceptation applicables sont satisfaites.

Si tous les échantillons exigés satisfont à une séquence d'essais, la conception du parafoudre est acceptable pour cette séquence d'essais particulière. Si deux ou plusieurs échantillons d'essai échouent à une séquence d'essais, le parafoudre est considéré comme non conforme à la présente norme.

Dans le cas où un seul échantillon ne satisfait pas à un essai donné, cet essai, ainsi que ceux le précédant dans la même séquence d'essais et qui peuvent avoir influencé le résultat de cet essai, doivent être recommencés sur trois nouveaux échantillons, mais cette fois aucune défaillance sur un quelconque échantillon n'est admise.

Un même jeu de trois échantillons peut être utilisé pour plusieurs séquences d'essais, après accord du constructeur.

Si le parafoudre fait partie intégrante d'un produit couvert par une autre norme, les exigences de cette autre norme doivent s'appliquer aux parties du produit qui n'appartiennent pas à la partie parafoudre du produit. La partie parafoudre doit satisfaire aux exigences générales (6.1) et électriques (6.2), ainsi qu'aux exigences relatives à l'environnement et aux matériaux (6.4) du présent document. Les exigences mécaniques des autres normes doivent également s'appliquer au parafoudre.

## 7.2 Modes opératoires d'essai

### 7.2.1 Généralités

Sauf spécification contraire, la norme de référence pour les modes opératoires d'essai haute tension est l'IEC 61180-1.

Le parafoudre doit être installé et relié électriquement conformément aux instructions du constructeur. Ce montage doit être maintenu tout au long du mode opératoire d'essai de type sauf spécification contraire. Aucun procédé extérieur de refroidissement ou de chauffage ne doit être utilisé.

Sauf spécification contraire, l'essai doit être effectué à l'air libre et la température ambiante doit être de  $(20 \pm 15)$  °C.

Pour tous les mesurages des courants continus statiques tels que  $I_{CPV}$  et  $I_{PE}$ , la baisse initiale observée après l'application de la tension doit être ignorée et les lectures ne doivent pas être effectuées avant 30 s après l'application de la tension.

Sauf spécification contraire, si une source d'alimentation est exigée pour les essais, toutes les valeurs instantanées de la tension d'essai doivent être comprises entre  $U_{test}$  et  $U_{test} - 5\%$  en présence d'un courant de charge égal à 1 A.

Pour garantir des résultats d'essai comparables, au moins un redresseur en pont à 6 impulsions doit être utilisé pour limiter l'ondulation maximale dans des conditions de pleine charge.

NOTE 1 Cela signifie que l'utilisation d'un redresseur à 6 impulsions nécessite un condensateur de lissage supplémentaire pour satisfaire à cette exigence de 5 %.

Lors des essais de parafoudres fournis par le constructeur avec des câbles intégrés, la longueur totale de ces câbles doit faire partie du parafoudre en essai.

Sauf spécification contraire, aucune maintenance ni démontage du parafoudre ne sont autorisés pendant l'essai. Les déconnecteurs externes doivent être choisis conformément aux instructions du constructeur et, si nécessaire, connectés pour les essais conformément au Tableau 4.

Tous les essais doivent être effectués pour chaque mode de protection déclaré par le constructeur. Cependant, si certains modes de protection comportent des circuits identiques, un seul essai peut être réalisé pour le mode de protection qui présente la configuration la plus vulnérable, en utilisant à chaque fois de nouveaux échantillons.

Si le constructeur fournit des informations sur le déconnecteur externe du parafoudre, nécessaires à une bonne coordination avec les courants de court-circuit présumés supérieurs à  $I_{SCPV}$  (du parafoudre seul), ces essais doivent être répétés (pour chaque séquence et combinaison) sur la combinaison comportant ce déconnecteur externe supplémentaire.

Si, conformément au Tableau 4, l'utilisation de papier de soie est exigée, le papier de soie doit être fixé à une distance de  $100 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$  dans toutes les directions de l'échantillon, à l'exception de la surface de montage.

NOTE 2 Le papier de soie est un papier fin, souple et assez résistant, généralement utilisé pour envelopper les objets fragiles et dont le poids se situe entre  $12 \text{ g/m}^2$  et  $25 \text{ g/m}^2$ .

Pendant tout le mode opératoire d'essai de type, l'état indiqué par le ou les indicateurs doit clairement signaler l'état de la partie à laquelle il est connecté. S'il existe plusieurs méthodes d'indication d'état, par exemple à la fois localement et à distance, chaque type d'indication doit être vérifié et doit satisfaire à la spécification du constructeur.

Il convient de noter que de bonnes techniques d'essai sont exigées pour les essais et mesurages de tensions de choc afin de s'assurer que des valeurs d'essai correctes sont mesurées et enregistrées.

Conformément à la présente norme, les parafoudres ne doivent pas générer de situation dangereuse lorsqu'ils sont utilisés dans les conditions d'essai.

**Tableau 4 – Exigences d'essais de type des parafoudres**

| Séquence d'essais         | Description de l'essai  | Paragraphe Exigence/ essai   | Déconnecteurs externes connectés <sup>a</sup> | Papier de soie utilisé | Classe d'essai I | Classe d'essai II | Classe d'essai III |
|---------------------------|---|------------------------------|---|------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1                         | Identification et marquage                                      | 6.1.1 /6.1.2/ – 7.3          | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Montage   | 6.3.1                        | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Bornes et connexions  | 6.3.2 / 6.3.3                | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Essai de protection contre les contacts directs                 | 6.2.1                        | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Environnement, code IP  | 6.4                          | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Courant résiduel  | 6.2.2 / 7.4.1 / 7.4.1.2      | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Essai de fonctionnement <sup>d</sup>                            | 6.2.4 / 7.4.2                |   |                        |                  |                   |                    |
|                           | Essai de fonctionnement pour les classes d'essais I, II ou III  | 7.2.3.2 / 7.4.2.3 / 7.4.2.6  | A   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I | 7.4.2.5                      | A   | -                      | A                | -                 | -                  |
|                           | Stabilité thermique <sup>c</sup>                                | 6.2.5.3/ 7.4.3.2             | A   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Distances dans l'air et lignes de fuite                         | 7.5.1                        | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Essai à la bille  | 6.4                          | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Résistance à une chaleur anormale et au feu                     | 6.4                          | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| Résistance au cheminement | 6.4   | -                            | -   | A                      | A                | A                 |                    |
| 2                         | Niveau de protection en tension <sup>e</sup>                    | 6.2.3                        |   |                        |                  |                   |                    |
| 3                         | Résistance d'isolement  | 6.2.6                        | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Rigidité diélectrique   | 6.2.7 / 7.4.5                | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| 3a                        | <b>Voir ci-dessous – si applicable uniquement</b>               |                              |   |                        |                  |                   |                    |
|                           | Résistance mécanique  | 6.3.5                        | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
|                           | Tenue en température  | 6.2.5 / 7.4.3.1 <sup>b</sup> | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| 3b <sup>c</sup>           | <b>Voir ci-dessous – si applicable uniquement</b>               |                              |   |                        |                  |                   |                    |
| 4 <sup>c</sup>            | Résistance à la chaleur   | 6.4                          | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| 5 <sup>c</sup>            | Essai de mode de défaillance du parafoudre                      | 6.2.5.4 / 7.4.4              | A   | A                      | A                | A                 | A                  |
| 6                         | Essai de durée de vie à la chaleur humide                       | 7.6.1 <sup>b</sup>           | -   | -                      | A                | A                 | A                  |

| Séquence d'essais   | Description de l'essai   | Paragraphe Exigence/ essai | Déconnecteurs externes connectés <sup>a</sup> | Papier de soie utilisé | Classe d'essai I | Classe d'essai II | Classe d'essai III |
|---|--|----------------------------|---|------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 7   | Essai de courant total de décharge pour des parafoudres multipôles | 6.2.9 <sup>b</sup>         |   | -                      | A                | A                 | A                  |
| <b>Essais supplémentaires pour parafoudres à un port avec des bornes d'entrée/sortie séparées</b>   |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| 3b <sup>c</sup>   | Courant de charge assigné  | 6.5.1/ 7.7.1.1             | A   | -                      | A                | A                 | A                  |
| <b>Essais supplémentaires pour des parafoudres utilisés en extérieur</b>  |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| 8   | Essais d'environnement des parafoudres utilisés en extérieur       | 6.5.2 / 7.7.2              | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| <b>Essais supplémentaires pour des parafoudres à circuits isolés séparés</b>  |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| 3a  | Isolement entre des circuits séparés                               | 6.5.3 / 7.4.5              | -   | -                      | A                | A                 | A                  |
| A applicable si déclaré;  |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| - non applicable  |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| <sup>a</sup> «déconnecteurs externes connectés» signifie que tous les déconnecteurs tels que spécifiés par le constructeur doivent être soumis aux essais de type avec le parafoudre. |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| <sup>b</sup> Pour ces essais, des mesurages initiaux du courant permanent et du courant résiduel peuvent être nécessaires, conformément au Tableau 6, critère d'acceptation E.        |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| <sup>c</sup> Plusieurs jeux d'échantillons peuvent être nécessaires pour cette séquence d'essais.   |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| <sup>d</sup> Pour l'essai de fonctionnement (y compris l'essai de fonctionnement supplémentaire, le cas échéant), un jeu séparé d'échantillons peut être utilisé.                     |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |
| <sup>e</sup> Voir l'article applicable et le Tableau 3 de l'IEC 61643-11:2011.  |  |                            |   |                        |                  |                   |                    |

**Tableau 5 – Critères d'acceptation communs pour les essais de type**

|          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | La stabilité thermique doit être atteinte. Le parafoudre est considéré comme stable du point de vue thermique si le courant traversant le parafoudre ou la puissance dissipée, soit tend à décroître, soit n'augmente pas pendant 15 min immédiatement après application de la tension $U_{CPV}$ . Si l'essai proprement dit est effectué alors que le parafoudre est alimenté à $U_{CPV}$ , la tension $U_{CPV}$ demeure appliquée pendant 15 min sans interruption ou bien est réappliquée dans les 30 s.  |
| <b>B</b> | Les enregistrements de la tension et du courant ainsi que l'examen visuel ne doivent présenter aucun signe de perforation ou d'amorçage.   |
| <b>C</b> | Aucun dommage visible ne doit apparaître pendant l'essai. Après l'essai, les petites empreintes et fissures qui ne compromettent pas la protection contre les contacts directs sont ignorées lors de la vérification, à moins que le degré de protection (code IP) indiqué pour le parafoudre ne soit plus assuré. Après l'essai, il ne doit y avoir aucune trace visuelle de brûlure de l'échantillon.  |
| <b>D</b> | À l'issue de l'essai, les valeurs de tension de limitation mesurée doivent être inférieures ou égales à $U_p$ . La tension de limitation mesurée doit être déterminée au moyen des essais décrits en 8.3.3 de l'IEC 61643-11:2011; cependant, l'essai décrit en 8.3.3.1 de l'IEC 61643-11:2011 est réalisé uniquement avec un courant de foudre de forme d'onde 8/20 d'une valeur de crête de $I_{imp}$ pour la classe d'essai I ou $I_n$ pour la classe d'essai II, ou encore en réalisant l'essai décrit en 8.3.3.3 de l'IEC 61643-11:2011 mais uniquement à $U_{OC}$ pour la classe d'essai III.  |
| <b>E</b> | Il ne doit pas y avoir de courant permanent et de courant résiduel excessifs après l'essai.<br>Le parafoudre doit être connecté comme en utilisation normale, conformément aux instructions du constructeur, et alimenté à la tension maximale de régime permanent ( $U_{CPV}$ ). Le courant circulant dans chaque borne est mesuré et ne doit pas dépasser 1 mA, ou bien le courant ne doit pas varier de plus de 20 % par rapport à la valeur initiale déterminée au début de la séquence d'essais correspondante.<br>Tout déconnecteur réamorçable ou réarmable doit être manuellement mis hors service, le cas échéant, et la rigidité diélectrique doit être vérifiée par application d'une tension égale à deux fois $U_{CPV}$ ou à 1 500 V en courant continu, selon la plus grande de ces deux valeurs. Au cours de l'essai, il ne doit pas y avoir de contournement, de claquage de l'isolation qu'il soit interne (perforation) ou externe (cheminement) ou une quelconque autre manifestation de décharge disruptive.<br>S'il existe plusieurs dispositions possibles des connexions en utilisation normale, cette vérification doit être effectuée pour toutes les dispositions. |

|          |  |
|----------|--|
| <b>F</b> | <p>Les déconnecteurs externes, tels que spécifiés par le constructeur, ne doivent pas fonctionner au cours de l'essai et doivent demeurer en ordre de marche après l'essai.</p> <p>Pour les besoins du présent article, l'expression «ordre de marche» signifie que le déconnecteur n'a subi aucun dommage et qu'il est encore opérationnel. Le fonctionnement peut être vérifié soit manuellement (lorsque cela est possible), soit en réalisant un simple essai électrique, convenu entre le constructeur et le laboratoire d'essai.</p>   |
| <b>G</b> | <p>Les déconnecteurs internes ou les dispositifs de mise en court-circuit, tels que spécifiés par le constructeur, ne doivent pas fonctionner au cours de l'essai et doivent demeurer en ordre de marche après l'essai.</p> <p>Pour les besoins du présent article, l'expression «ordre de marche» signifie que le déconnecteur ou le dispositif de mise en court-circuit n'a subi aucun dommage et qu'il est encore opérationnel. Le fonctionnement peut être vérifié soit manuellement (lorsque cela est possible), soit en réalisant un simple essai électrique, convenu entre le constructeur et le laboratoire d'essai.</p>   |
| <b>H</b> | <p>La coupure doit être assurée par un ou plusieurs déconnecteurs internes et/ou externes. L'indication correcte de ces dispositifs doit être vérifiée.</p>  |
| <b>I</b> | <p>Les parafoudres ayant un degré de protection IP supérieur ou égal à IP20 ne doivent pas avoir de parties actives accessibles au doigt d'essai normalisé appliqué avec une force de 5 N (voir IEC 60529), sauf pour ce qui concerne les parties actives déjà accessibles avant l'essai lorsque le parafoudre est équipé comme en utilisation normale.</p>  |
| <b>J</b> | <p>S'il y a déconnexion (interne ou externe) pendant l'essai, il doit être clairement prouvé que la coupure du ou des composants de protection correspondants est effectivement réalisée.</p> <p>En cas de déconnexion interne, l'échantillon d'essai est connecté comme en utilisation normale, à la tension maximale de régime permanent <math>U_{CPV}</math> pendant 1 min. La source d'essai doit avoir une tenue au courant de court-circuit supérieure ou égale à 200 mA. Le courant circulant dans les composants de protection correspondants ne doit pas dépasser 1 mA.</p> <p>Les courants traversant les composants reliés en parallèle au(x) composant(s) de protection correspondant(s) ou connectés de toute autre manière (par exemple, les circuits des indicateurs d'état), sont dans ce cas ignorés dans la mesure où ils ne peuvent pas générer de courant qui circulerait dans le ou les composants de protection correspondants.</p> <p>En outre, le courant passant par la borne PE, y compris les circuits parallèles et les éventuels autres circuits (par exemple les circuits des indicateurs d'état) ne doit pas dépasser 1 mA.</p> <p>S'il existe plusieurs dispositions possibles des connexions en utilisation normale, cette vérification doit être effectuée pour toutes les dispositions.</p> |
| <b>K</b> | Vide   |
| <b>L</b> | Le papier de soie ne doit pas prendre feu.   |
| <b>M</b> | Il ne doit se produire aucune explosion ou autre danger pour le personnel ou l'installation.   |
| <b>N</b> | Vide   |
| <b>O</b> | Vide   |
| <b>P</b> | Le mode de court-circuit doit être assuré par le dispositif de mise en court-circuit. L'indication correcte de ce dispositif doit être vérifiée.   |
| <b>Q</b> | <p>Le parafoudre doit pouvoir conduire son courant de court-circuit assigné (<math>I_{SCPV}</math>) lorsqu'un mode de court-circuit se produit pendant l'essai. Pour vérifier cette caractéristique, le parafoudre doit être raccordé, dans les 10 s qui suivent son passage à l'état de court-circuit, à une source d'alimentation capable de fournir le courant <math>I_{SCPV}</math>.</p> <p><math>I_{SCPV}</math> doit être maintenu pendant 2 h ou jusqu'à ce que l'équilibre thermique (<math>\leq 2 \text{ K} / 10 \text{ min}</math>) soit atteint. Pendant cette période, l'échauffement de la surface au point le plus chaud du boîtier ne doit pas dépasser 120 K. L'échauffement de la surface au point le plus chaud ne doit pas dépasser 80 K 5 min après l'application du courant <math>I_{SCPV}</math>.</p>  |

## 7.2.2 Chocs d'essai

Se reporter à 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3 et 8.1.4 de l'IEC 61643-11:2011 pour les spécifications des chocs d'essai.

NOTE 1 Dans la mesure où les parafoudres à deux ports ne sont pas couverts par la présente norme, 8.1.4.1 de l'IEC 61643-11:2011 ne s'applique pas.

NOTE 2 Pour les besoins du présent document, la source d'alimentation en courant alternatif dont l'utilisation est exigée en 8.1.4 de l'IEC 61643-11:2011 est remplacée par une source d'alimentation en courant continu.

NOTE 3 Pour les besoins du présent document, la référence à  $I_{SC}$  en 8.1.4 de l'IEC 61643-11:2011 est remplacée par  $I_{CW}$ .

## 7.2.3 Caractéristiques des sources d'alimentation destinées aux essais

### 7.2.3.1 Caractéristiques générales des sources d'alimentation

Le circuit d'essai doit avoir une inductance supérieure ou égale à 100  $\mu\text{H}$ .

Il peut être utilisé pour les essais de fonctionnement et de mode de défaillance deux différents types de sources d'alimentation comme représenté à la Figure 1.

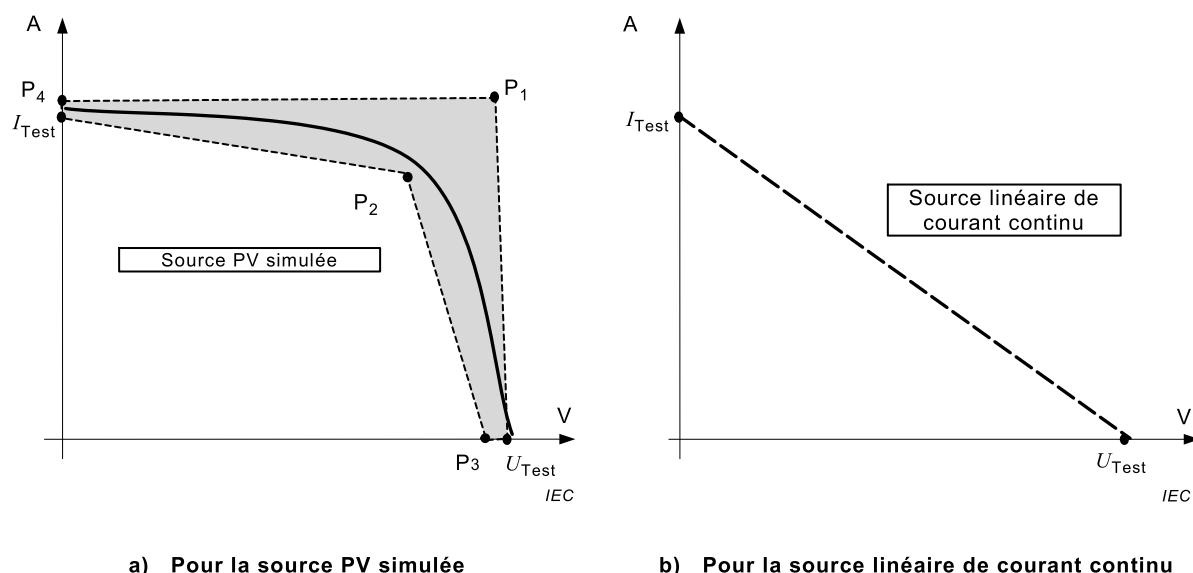


Figure 1 – Caractéristiques I/U (courant/tension)

La tolérance de la source PV simulée est définie par la région grisée entre les points  $P_1$  et  $P_2$ :

- $P_1$ : [ $U_{\text{Test}}$ ,  $1,05 \times I_{\text{Test}}$ ]
- $P_2$ : [ $0,7 \times U_{\text{Test}}$ ,  $0,7 \times I_{\text{Test}}$ ]
- $P_3$ : [ $0,95 \times U_{\text{Test}}$ ]
- $P_4$ : [ $0$ ,  $1,05 \times I_{\text{Test}}$ ]

Cette région de tolérance peut être dépassée lorsqu'il s'agit des valeurs supérieures de tension et de courant, sur la base de l'accord entre le laboratoire d'essai et le constructeur du parafoudre.

Ces caractéristiques doivent être vérifiées dans des conditions statiques et dans des conditions transitoires d'au plus 100  $\mu\text{s}$ . L'Annexe B spécifie des modes opératoires d'essai appropriés pour confirmer la conformité à cette exigence.

### 7.2.3.2 Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de fonctionnement

En fonction du courant de suite du parafoudre, les sources d'alimentation suivantes à la tension  $U_{\text{CPV}}$  doivent être utilisées pour les essais:

**Tableau 6 – Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de fonctionnement**

| Courant de suite conforme à l'Annexe A  | ≤ 5 A                              | >5 A                               |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| Essai de fonctionnement selon 7.4.2.3 ou 7.4.2.6                              | DC <sub>1</sub> ou PV <sub>1</sub> | PV <sub>2</sub>                    |
| Essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I selon 7.4.2.5 | DC <sub>2</sub> ou PV <sub>3</sub> | DC <sub>2</sub> ou PV <sub>3</sub> |

DC<sub>1</sub>: Source linéaire de courant continu avec une impédance telle que pendant la circulation du courant de suite, la tension mesurée aux bornes du parafoudre ne chute pas en dessous de  $U_{CPV}$  de plus de 5 %.

DC<sub>2</sub>: Source linéaire de courant continu avec un courant de court-circuit présumé de 5 A (0 / +10 %), correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1b).

PV<sub>1</sub>: Source PV simulée avec un courant de court-circuit présumé d'au moins 20 A (0 / +10 %), correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1a).

PV<sub>2</sub>: Source PV simulée avec un courant de court-circuit présumé égal à  $I_{SCPV}$  (0 / +5 %), correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1a).

PV<sub>3</sub>: Source PV simulée avec un courant de court-circuit présumé de 5 A (0 / +10 %), correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1a).

### 7.2.3.3 Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de mode de défaillance

En fonction du mode de défaillance du parafoudre, les sources d'alimentation suivantes à la tension  $U_{CPV} / 1,2$  doivent être utilisées pour les essais:

NOTE La valeur de la tension d'essai est dérivée des conditions de fonctionnement normalisées et est réduite par un facteur de 1,2 jusqu'à la valeur maximale de la tension de circuit ouvert, pour représenter les conditions de fonctionnement normales du système photovoltaïque.

**Tableau 7 – Caractéristiques spécifiques des sources d'alimentation pour les essais de mode de défaillance**

| Mode de défaillance prévu selon 6.1.1 13)               | OCFM  | SCFM            |
|---|---|-----------------|
| Essai de mode de défaillance du parafoudre selon 7.4.4  | DC <sub>3</sub> <sup>a</sup> ou PV <sub>4</sub> | PV <sub>4</sub> |
| <sup>a</sup> seulement sur accord avec le constructeur. |   |                 |

DC<sub>3</sub>: Source linéaire de courant continu avec un courant de court-circuit présumé conforme à 7.4.4, correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1b).

PV<sub>4</sub>: Source PV simulée avec un courant de court-circuit présumé conforme à 7.4.4, correspondant à  $I_{Test}$  de la Figure 1a).

### 7.3 Indélébilité du marquage

Cet essai doit être effectué pour tous les types de marquages à l'exception de ceux qui sont réalisés par gaufrage, moulage ou gravure.

L'essai consiste à frotter le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et pendant 15 s encore avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (de teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, d'indice de kauributanol de 29, de température initiale d'ébullition d'environ 65 °C et de masse spécifique de 0,68 g/cm<sup>3</sup>).

En variante, il est admis d'utiliser de l'hexane de qualité «réactif» avec un minimum de 85 % de n-hexane.

NOTE La désignation «n-hexane» est la nomenclature chimique pour un hydrocarbure à chaîne «normale» ou directe. Cette essence minérale est par ailleurs souvent identifiée comme de l'hexane de qualité «réactif» certifié (CAS# 110-54-3) de l'ACS (American Chemical Society).

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible.

## **7.4 Essais électriques**

### **7.4.1 Courant résiduel $I_{PE}$**

#### **7.4.1.1 Mode opératoire d'essai**

Les mesurages doivent être effectués en utilisant successivement les sources d'alimentation suivantes entre la borne + et la borne PE et entre la borne – et la borne PE:

- une source continue à l' $U_{CPV}$ ,
- une source alternative fournissant une tension sinusoïdale à 50 Hz ou 60 Hz avec une valeur de crête correspondant à l' $U_{CPV}$ .

Les courants résiduels (alternatifs et continus) traversant la borne de terre de protection (PE) doivent être enregistrés.

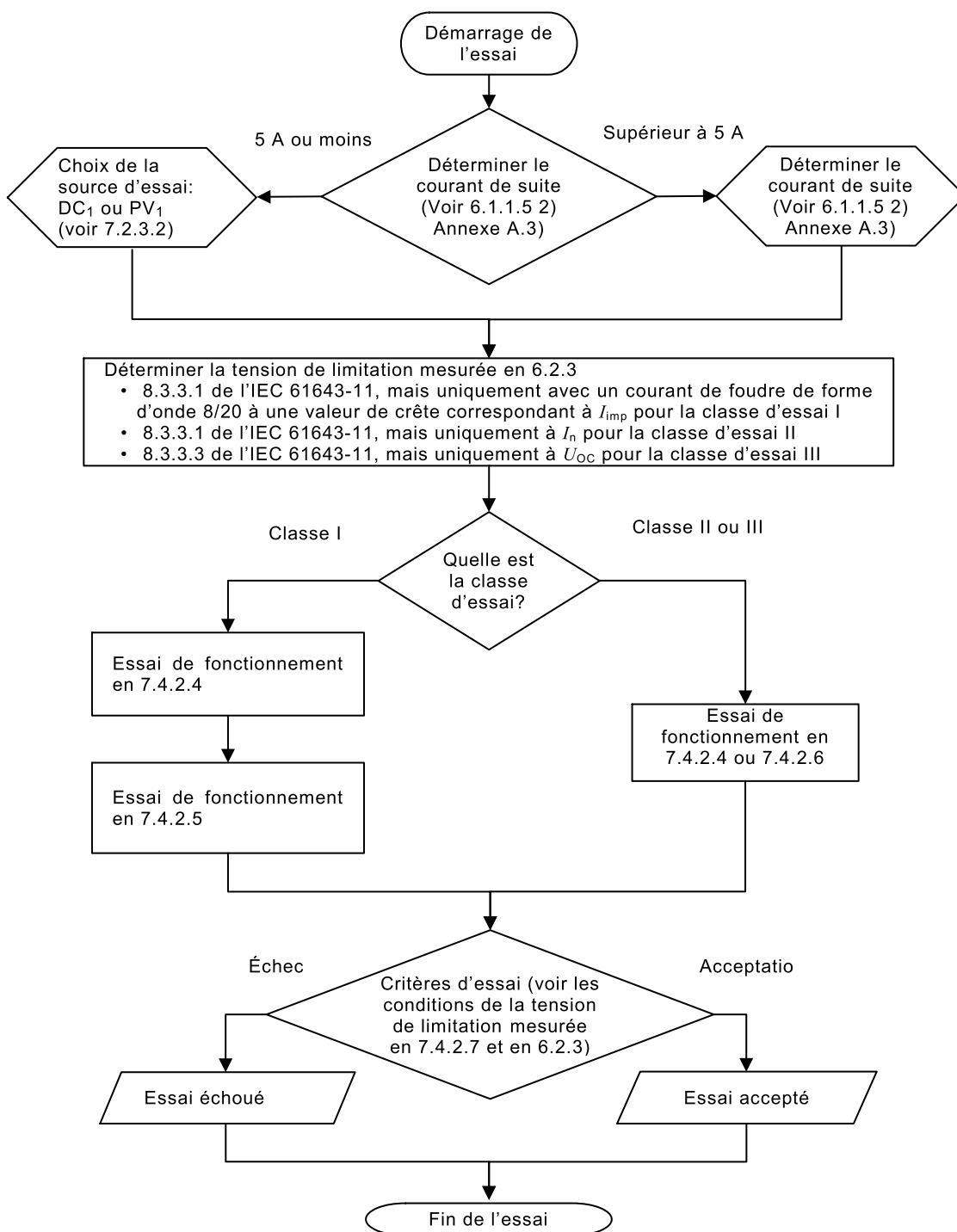
#### **7.4.1.2 Critères d'acceptation**

La valeur la plus élevée du courant résiduel mesurée ne doit pas dépasser la valeur déclarée par le constructeur conformément à 6.1.1.3, 12).

### **7.4.2 Essai de fonctionnement**

#### **7.4.2.1 Généralités**

Un aperçu du diagramme d'essai de fonctionnement est donné à la Figure 2.



IEC

Figure 2 – Diagramme d'essai de fonctionnement

### 7.4.2.2 Mode opératoire d'essai

Cet essai est réalisé dans des conditions de service simulées en appliquant un nombre spécifique de chocs au parafoudre alimenté sous la tension maximale de régime permanent  $U_{CPV}$  par une source conformément à 7.2.3.

Le montage d'essai doit se conformer aux principes du schéma de circuit donné à la Figure 3.

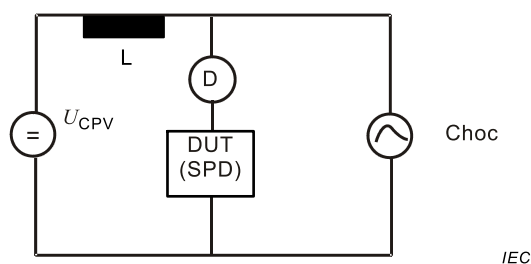
La tension de limitation mesurée doit être vérifiée et doit être inférieure ou égale à  $U_P$ .

La tension de limitation mesurée doit être déterminée par les essais décrits en 8.3.3 de l'IEC 61643-11:2011.

Pour éviter une surcharge excessive des échantillons, l'essai de tension de limitation mesurée est effectué:

- selon 8.3.3.1 de l'IEC 61643-11:2011, mais uniquement avec un courant de choc de forme d'onde 8/20 à une valeur de crête correspondant à  $I_{imp}$  pour la classe d'essai I
- selon 8.3.3.1 de l'IEC 61643-11:2011, mais uniquement à  $I_n$  pour la classe d'essai II
- selon 8.3.3.3 de l'IEC 61643-11:2011, mais uniquement à  $U_{OC}$  pour la classe d'essai III

en appliquant un choc positif et un choc négatif.



#### Légende

$U_{CPV}$ : source d'alimentation selon 7.2.3.2

$L$ : Inductance selon 7.2.3.1

$D$ : Déconnecteurs du parafoudre, tels que spécifiés par le constructeur

$DUT$ : Dispositif en essai (SPD)

Choc: Onde 8/20 pour essai de fonctionnement – classes I et II selon 7.4.2.4

Courant de choc de décharge  $I_{imp}$  pour essai de fonctionnement supplémentaire selon 7.4.2.5 ou

$U_{OC}$  pour essai de fonctionnement classe III selon 7.4.2.6

**Figure 3 – Exemple de montage d'essai pour l'essai de fonctionnement**

#### 7.4.2.3 Caractéristiques de la source d'alimentation pour l'essai de fonctionnement

L'échantillon d'essai doit être connecté à une source d'alimentation, décrite en 7.2.3.2, de la manière suivante:

- $DC_1$  ou  $PV_1$  si le parafoudre a un courant de suite d'au maximum 5 A.
- $PV_2$  si le parafoudre a un courant de suite supérieur à 5 A.

#### 7.4.2.4 Essais de fonctionnement pour les classes I et II

Trois groupes de cinq courants de choc de forme d'onde 8/20 de même polarité que la source d'alimentation utilisée doivent être appliqués. Les échantillons sont connectés à une source d'alimentation conformément à 7.2.3 et 7.4.2.3.

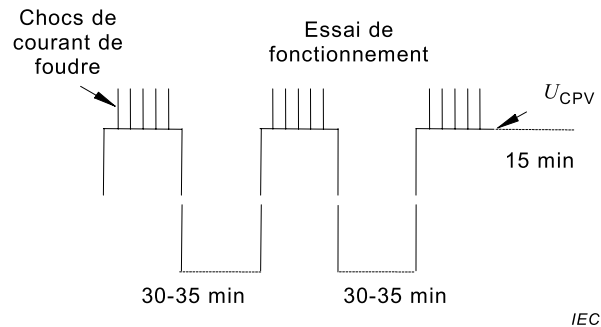
Après application de chaque groupe de chocs et après interruption du dernier courant de suite (éventuellement) le parafoudre doit demeurer sous tension sans interruption pendant au moins 1 min afin de surveiller les éventuels réamorçages. Après application du dernier groupe de chocs et la période de 1 min, le parafoudre demeure sous tension ou est remis sous tension dans les 30 s qui suivent, à la valeur  $U_{CPV}$  pendant une période supplémentaire de 15 min afin de vérifier sa stabilité. À cet effet, la tenue aux courts-circuits de la source d'alimentation (à la tension  $U_{CPV}$ ) peut être limitée à 5 A.

La séquence d'essais correspondante est représentée à la Figure 4.

Pour les essais de parafoudres de classe I, des courants de choc de forme d'onde 8/20 avec une valeur de crête correspondant à  $I_{imp}$  doivent être appliqués.

Pour les essais de parafoudres de classe II, des courants de choc de forme d'onde 8/20 avec  $I_n$  doivent être appliqués.

Si un parafoudre est de classe d'essai I et de classe d'essai II, cet essai peut être réalisé seulement une fois, mais avec les paramètres d'essai les plus sévères des deux classes d'essais, avec l'accord du constructeur.



**Figure 4 – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour les classes d'essais I et II**

L'intervalle entre chocs est de 50 s à 60 s; l'intervalle entre groupes est de 30 min à 35 min. Il n'est pas exigé de mettre l'échantillon sous tension entre les groupes.

Tous les chocs de courant doivent être enregistrés; les enregistrements ne doivent pas présenter de signe de perforation ou de contournement des échantillons.

#### 7.4.2.5 Essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I

L'essai est effectué en appliquant au parafoudre des chocs de courant par incréments jusqu'à  $I_{imp}$ .

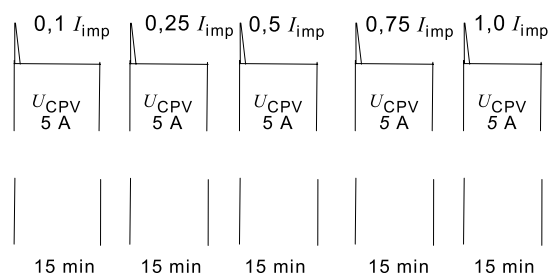
Le parafoudre doit être raccordé à une source d'alimentation conformément à 7.2.3.2. Après application de chaque choc et après interruption de chaque courant de suite (éventuellement), le parafoudre doit demeurer sous tension sans interruption pendant au moins 1 min afin de surveiller les éventuels réamorçages. Après cette période, le parafoudre doit rester sous tension ou être remis sous tension dans les 30 s qui suivent, à la valeur  $U_{CPV}$  pendant une période supplémentaire de 15 min afin de vérifier sa stabilité. À cet effet, la tenue aux courts-circuits de la source d'alimentation peut être limitée à 5 A.

Des chocs de courant de même polarité que la source d'alimentation utilisée doivent être appliqués à l'échantillon sous tension, de la manière suivante:

- un choc de courant à  $0,1 I_{imp}$ ; vérifier la stabilité thermique; laisser refroidir jusqu'à la température ambiante;
- un choc de courant à  $0,25 I_{imp}$ ; vérifier la stabilité thermique; laisser refroidir jusqu'à la température ambiante;
- un choc de courant à  $0,5 I_{imp}$ ; vérifier la stabilité thermique; laisser refroidir jusqu'à la température ambiante;
- un choc de courant à  $0,75 I_{imp}$ ; vérifier la stabilité thermique; laisser refroidir jusqu'à la température ambiante;
- un choc de courant à  $1,0 I_{imp}$ ; vérifier la stabilité thermique; laisser refroidir jusqu'à la température ambiante.

Le chronogramme correspondant est représenté à la Figure 5.

Essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I alimenté à  $U_{CPV}$  pendant et après chaque courant de choc appliqué



IEC

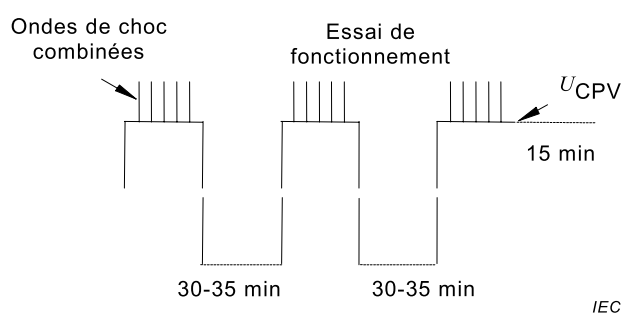
**Figure 5 – Chronogramme d'essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I**

#### 7.4.2.6 Essais de fonctionnement de classe III

Le parafoudre doit être alimenté à  $U_{CPV}$ . Le courant de court-circuit présumé de la source d'alimentation doit être conforme aux spécifications de 7.2.3.1 et de 7.4.2.3 pendant l'application des groupes de chocs. Après application de chaque groupe de chocs et après interruption du dernier courant de suite (éventuellement) le parafoudre doit demeurer sous tension sans interruption pendant au moins 1 min afin de surveiller les éventuels réamorçages. Après application du dernier groupe de chocs et la période de 1 min, le parafoudre demeure sous tension ou est remis sous tension dans les 30 s qui suivent, à la valeur  $U_{CPV}$  pendant une période supplémentaire de 15 min afin de vérifier sa stabilité. À cet effet, la tenue aux courts-circuits de la source d'alimentation (à la tension  $U_{CPV}$ ) peut être limitée à 5A.

L'essai est effectué en appliquant au parafoudre trois groupes de cinq chocs positifs correspondant à  $U_{OC}$ :

Le chronogramme correspondant est représenté à la Figure 6.



IEC

**Figure 6 – Chronogramme d'essai de fonctionnement pour la classe d'essai III**

L'intervalle entre chocs est de 50 s à 60 s; l'intervalle entre groupes est de 30 min à 35 min.

Il n'est pas exigé de mettre l'échantillon sous tension entre les groupes.

Tous les chocs de courant doivent être enregistrés; les enregistrements ne doivent pas présenter de signe de perforation ou de contournement des échantillons.

#### 7.4.2.7 Critères d'acceptation applicables à tous les essais de fonctionnement et à l'essai de fonctionnement supplémentaire pour la classe d'essai I

Les critères d'acceptation A, B, C, D, E, F, G et M du Tableau 5 doivent s'appliquer.

### **7.4.3 Déconnecteurs et performances de sécurité des parafoudres soumis à des contraintes de surcharge excessives**

#### **7.4.3.1 Essai de tenue en température**

Le parafoudre est maintenu dans une armoire chauffée à une température ambiante de  $80\text{ °C} \pm 5\text{ K}$  pendant 24 h.

Les critères d'acceptation C et G du Tableau 5 doivent s'appliquer.

#### **7.4.3.2 Stabilité thermique**

##### **7.4.3.2.1 Réglages d'essai**

Le présent mode opératoire d'essai s'applique de deux manières différentes en fonction de la conception du parafoudre:

- pour des parafoudres comportant uniquement des composants à limitation de tension, le mode opératoire a) s'applique.
- pour des parafoudres comportant à la fois des composants à limitation de tension et des composants à coupure de tension en série, le mode opératoire b) s'applique.

##### **7.4.3.2.2 Préparation des échantillons**

Dans le cas de parafoudres comportant des composants de protection non linéaires connectés en parallèle, cet essai doit être effectué pour chaque chemin de courant du parafoudre équipé d'une section de déconnexion indépendante et séparée, en déconnectant/interrompant tous les autres chemins de courant. Si des composants de types et de paramètres identiques sont connectés en parallèle et si des parties identiques et de même construction sont utilisées pour chaque section de déconnexion appartenant à chacun de ces composants, soumettre à l'essai n'importe lequel de ces trois chemins de courant identiques peut satisfaire à l'exigence relative aux trois échantillons.

Tout composant à coupure de tension, dans le chemin de courant en essai, connecté en série avec un composant à limitation de tension, doit être court-circuité au moyen d'un fil de cuivre ou d'un élément factice d'un diamètre tel que celui-ci ne fonde pas pendant l'essai.

Le constructeur doit fournir les échantillons préparés selon les exigences ci-dessus.

#### **a) Mode opératoire d'essai de parafoudres comportant uniquement des composants à limitation de tension**

Les échantillons soumis à l'essai doivent être raccordés à une source linéaire de courant continu de conditionnement.

La tension doit être suffisamment élevée pour permettre à un courant de circuler dans le parafoudre. Pour cet essai, le courant est réglé à une valeur constante. La tolérance pour le courant d'essai est de  $\pm 10\%$ . L'essai démarre à une valeur de courant continu de 2 mA pour le premier échantillon, ou à  $U_{CPV}$ , si le courant de fuite à  $U_{CPV}$  dépasse déjà le courant continu de 2 mA.

Cette valeur de courant est ensuite augmentée par incréments de 2 mA ou 5 % du courant d'essai précédemment réglé, selon la valeur la plus élevée.

Pour les deux autres échantillons, le point de départ doit être modifié de 2 mA à un courant correspondant à 5 incréments sous la valeur du courant à laquelle la déconnexion du premier échantillon a eu lieu.

Chaque incrément est maintenu jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint (c'est-à-dire une variation de température inférieure à 2 K pendant 10 min au point le plus chaud).

La température de la surface extérieure au point le plus chaud du boîtier du parafoudre (pour les parafoudres accessibles uniquement) et le courant circulant dans le parafoudre sont contrôlés de façon continue.

Le point le plus chaud du parafoudre peut être déterminé par un essai préliminaire ou, comme solution alternative, en mesurant la température de nombreux points pour déterminer le plus chaud.

Cet essai est arrêté lorsque tous les composants non linéaires en essai sont déconnectés. La tension ne doit plus augmenter afin d'éviter tout dysfonctionnement des déconnecteurs.

En cas de doute sur la déconnexion de tous les composants non linéaires, un examen visuel doit être effectué.

NOTE 1 Une simple fissuration des composants n'est pas considérée comme une déconnexion.

Lorsque la tension appliquée au parafoudre chute de 10 % en dessous de la valeur  $U_{CPV}$  pendant l'essai, l'échantillon d'essai est déconnecté de l'alimentation de conditionnement et connecté à une source de courant continu de haute intensité à la valeur  $U_{CPV}$  ayant un courant de court-circuit assigné tel que déclaré par le constructeur d'une valeur maximale de 5 kA. Le temps entre la détection de la baisse de tension et la connexion de l'échantillon à la source de courant continu de haute intensité ne doit pas dépasser 100 ms. L'échantillon doit être maintenu connecté à l'alimentation en courant continu de haute intensité pendant 15 min.

NOTE 2 Les caractéristiques de la source d'alimentation de conditionnement doivent être établies de sorte que si une augmentation soudaine de la demande de courant se produit du fait d'une défaillance d'un composant à limitation de tension, la tension de sortie chute en dessous d'une valeur de  $U_{CPV}$ .

#### **b) Mode opératoire d'essai de parafoudres comportant un composant à coupure de tension en série avec d'autres composants**

Le parafoudre est alimenté sous une tension  $U_{CPV}$  avec une source linéaire de courant continu de haute intensité présentant une tenue aux courants de court-circuit suffisante pour ne pas limiter le courant avant fonctionnement d'un déconnecteur. La valeur maximale de courant disponible ne doit pas excéder la valeur du courant de court-circuit assigné déclarée par le constructeur.

Dans le cas où aucun courant significatif ne circule, le mode opératoire a) doit être appliqué.

NOTE 3 L'expression «aucun courant significatif» signifie que le parafoudre n'a pas atteint son seuil de conduction (c'est-à-dire qu'il reste thermiquement stable).

#### **7.4.3.2.3 Critères d'acceptation**

Les critères d'acceptation C, I et M du Tableau 5 doivent s'appliquer. De plus les critères d'acceptation H et J pour les parafoudres classés selon – (avec mode OCFM) et les critères d'acceptation P et Q pour les parafoudres classés selon – (avec mode SCFM) doivent s'appliquer.

En outre, pour les parafoudres utilisés en intérieur, l'échauffement de la surface ne doit pas dépasser 120 K pendant et après l'essai. Cinq min après déconnexion de tous les composants non linéaires en essai, l'échauffement de la surface ne doit pas dépasser 80 K.

#### 7.4.4 Essai de comportement en mode de défaillance du parafoudre

##### 7.4.4.1 Préparation des échantillons

###### 7.4.4.1.1 General

Pour les composants connectés entre les modes de protection: + à –, – à PE ou + à PE, le constructeur doit fournir des échantillons préparés comme décrit ci-dessous.

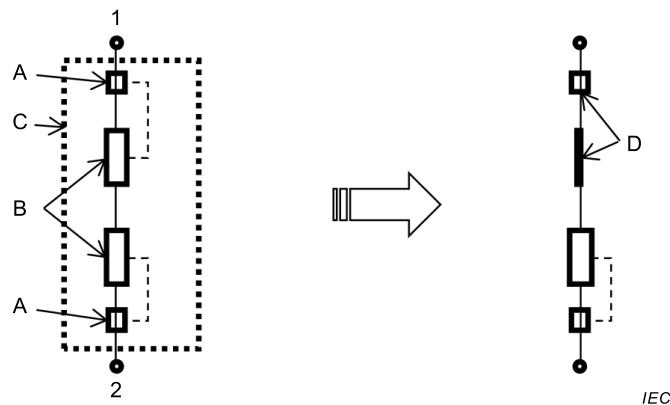
###### 7.4.4.1.2 Généralités

Lorsque le parafoudre comporte un seul composant à limitation de tension ou plusieurs composants à limitation de tension connectés en série, tous ces composants doivent être remplacés par des composants de même type, la valeur  $U_{1mA}$  étant de 50 % à 60 % de la valeur originale. Toutes les autres caractéristiques (par exemple, les valeurs assignées aux chocs, les dimensions) des composants de rechange doivent être identiques, à l'exception de celles relatives au choix de la tension  $U_{1mA}$ . Les autres parties du parafoudre telles que les déconnecteurs, les bornes, les interconnexions, etc. doivent demeurer inchangées.

###### 7.4.4.1.3 Option 1:

Lorsque le parafoudre comporte deux composants à limitation de tension identiques connectés en série, l'un d'eux doit être remplacé par un bloc de cuivre approprié (voir Figure 7).

Un lot séparé de trois échantillons est exigé pour chaque circuit de courant présumé. Si les composants à limitation de tension contenus dans le mode de protection en essai y compris leurs connexions internes et leurs sections ainsi que le matériau environnant (par exemple les résines) et l'emballage ne sont pas identiques, l'essai doit être répété en court-circuitant l'un des composants à limitation de tension.



#### Légende

- 1-2: Point de connexion au mode de protection soumis à l'essai
- A: Déconnecteur si présent
- B: Appareil à limitation de tension en série, par exemple MOV
- C: Parafoudre non modifié
- D: Court-circuit

**Figure 7 – Exemple de préparation des échantillons pour l'essai de comportement en mode de défaillance du parafoudre**

#### 7.4.4.1.4 Option 2:

Utiliser un échantillon non modifié mais alimenté à une tension d'essai comme spécifié en 7.4.4.2.1 ou 7.4.4.3.1 égale à 2 fois  $U_{CPV}/1,2$  ou même supérieure sur accord du constructeur.

#### 7.4.4.2 Essai des parafoudres à mode OCFM déclaré

##### 7.4.4.2.1 Montage d'essai et mode opératoire d'essai

Le parafoudre proprement dit et ses déconnecteurs, s'ils sont spécifiés par le constructeur, doivent être montés conformément aux instructions du constructeur et être raccordés avec des conducteurs de la section la plus élevée conformément aux instructions du constructeur.

Le parafoudre doit être raccordé à une source d'alimentation conformément à 7.2.3. L'essai doit être réalisé pour chacun des courants de court-circuit présumés ci-dessous.

Si la source d'essai  $PV_4$  est utilisée:

- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), mais seulement si  $I_{SCPV}$  est supérieur à 10 A.

Si la source d'essai  $DC_3$  est utilisée:

- 2,7 fois  $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), mais seulement si  $I_{SCPV}$  est supérieur à 10 A.

Lorsque la source d'alimentation  $DC_3$  est utilisée pour l'essai avec un courant de court-circuit présumé égal à 2,7 fois  $I_{SCPV}$ , un fusible doit être connecté en série avec l'échantillon en essai, et ce à des fins de détection. Ce fusible doit avoir une intégrale de Joule  $I^2t$  de fusion inférieure ou égale à un fusible à caractéristiques gPV et un courant assigné égal à  $I_{SCPV}$ . Le constructeur du parafoudre peut fournir des informations relatives aux valeurs basses du fusible.

NOTE Voir l'IEC 60269-6 pour les caractéristiques gPV des fusibles.

Pour les parafoudres qui ne satisfont pas aux critères d'acceptation liés au temps, l'essai peut être répété en augmentant la tension d'essai. Si une fois encore ces critères ne sont pas satisfaits, ce mode opératoire peut être répété.

De plus, une tension d'amorçage fournie par un générateur de tension de choc (voir 8.1.3 de l'IEC 61643-11:2011) et assez élevée pour mettre à l'état conducteur tout composant de coupure connecté en série, est appliquée au mode de protection effectif en essai.

Si le composant de coupure ne passe pas à un état conducteur, l'essai peut être répété avec l'une des options suivantes:

- mettre en court-circuit le composant de coupure, ou
- utiliser un composant à limitation de tension avec une valeur  $U_{1mA}$  inférieure, ou
- augmenter la tension d'essai.

##### 7.4.4.2.2 Critères d'acceptation

Le courant de la source doit être interrompu par un déconnecteur interne ou externe du parafoudre:

- en moins de 60 s lorsque PV<sub>4</sub> avec  $I_{SCPV}$  ou DC<sub>3</sub> avec 2,7 fois  $I_{SCPV}$  est appliquée. Lorsque DC<sub>3</sub> avec 2,7 fois  $I_{SCPV}$  est appliquée pendant les essais, le fusible de détection ne doit pas fonctionner;
- en moins de 5 min lorsque DC<sub>3</sub> avec un courant de court-circuit présumé égal à  $I_{SCPV}$  est appliquée.
- en moins de 20 min lorsque PV<sub>4</sub> ou DC<sub>3</sub> avec un courant de court-circuit présumé de 10 A est appliquée.

Les critères d'acceptation C, H, I, J, L et M du Tableau 5 doivent s'appliquer.

#### 7.4.4.3 Essai des parafoudres à mode SCFM déclaré

##### 7.4.4.3.1 Montage d'essai et mode opératoire d'essai

Le parafoudre doit être monté conformément aux instructions du constructeur et être raccordé avec des conducteurs de la section la plus élevée conformément aux instructions du constructeur.

Le parafoudre doit être raccordé à une source d'alimentation conformément à 7.2.3. L'essai doit être réalisé pour chacun des courants de court-circuit présumés ci-dessous.

La source d'essai PV<sub>4</sub> doit être utilisée:

- $I_{SCPV}$  (0/+5 %);
- 10 A (0/+5 %), mais seulement si  $I_{SCPV}$  est supérieur à 10 A.

Pour les parafoudres qui ne satisfont pas aux critères d'acceptation liés au temps, l'essai peut être répété en augmentant la tension d'essai. Si une fois encore ces critères ne sont pas satisfaits, ce mode opératoire peut être répété.

De plus, une tension d'amorçage fournie par un générateur de tension de choc (voir 8.1.3 de l'IEC 61643-11:2011) et assez élevée pour mettre à l'état conducteur tout composant de coupure connecté en série, est appliquée au mode de protection effectif en essai.

Si le composant de coupure ne passe pas à un état conducteur, l'essai peut être répété avec l'une des options suivantes:

- utiliser un composant à limitation de tension avec une valeur  $U_{1mA}$  inférieure, ou
- augmenter la tension d'essai.

##### 7.4.4.3.2 Critères d'acceptation

Pour un parafoudre pour lequel le constructeur déclare le mode de court-circuit comme étant l'état du mode de défaillance du parafoudre, ce mode doit être atteint:

en moins de 60 s au cours de l'essai lorsque PV<sub>4</sub> avec un courant de court-circuit présumé égal à  $I_{SCPV}$  est appliquée;

en moins de 20 min lorsque PV<sub>4</sub> avec un courant de court-circuit présumé de 10 A est appliquée.

Les critères d'acceptation C, I, M, L, P et Q du Tableau 5 doivent s'appliquer.

## 7.4.5 Rigidité diélectrique

### 7.4.5.1 Généralités

Les parafoudres classés pour usage extérieur sont soumis à l'essai entre les bornes sans les parties internes. Pendant l'essai, le parafoudre est soumis à l'aspersion selon 9.1 de l'IEC 60060-1:2010.

Les parafoudres classés pour usage intérieur sont soumis à l'essai comme indiqué en a) et b) du 8.3.6 de l'IEC 61643-11:2011.

Conformément au Tableau 8, les parafoudres sont soumis à l'essai sous une tension continue. En commençant avec au maximum la moitié de la tension continue exigée, cette tension est augmentée jusqu'à sa pleine valeur dans les 30 s et maintenue pendant 1 min.

**Tableau 8 – Rigidité diélectrique**

| Tension maximale de régime permanent du parafoudre<br>V | Tension d'essai continue<br>kV |
|---|--------------------------------|
| $U_{CPV} < 100$   | 1,1                            |
| $100 \leq U_{CPV} < 200$                                | 1,7                            |
| $200 \leq U_{CPV} < 450$                                | 2,2                            |
| $450 \leq U_{CPV} < 600$                                | 3,3                            |
| $600 \leq U_{CPV} < 1200$                               | 4,2                            |
| $1200 \leq U_{CPV} < 1500$                              | 5,8                            |

### 7.4.5.2 Critères d'acceptation

Cependant, des décharges partielles sont acceptées si les variations de tension lors de la décharge sont inférieures à 5 %.

La source d'alimentation utilisée pour l'essai doit être conçue de sorte que, après réglage à la tension d'essai à ses bornes libres, elle génère un courant de court-circuit d'au moins 200 mA après court-circuitage des bornes. L'éventuel relais à maximum de courant ne doit réagir que lorsque le courant du circuit d'essai est supérieur à 100 mA. L'appareil de mesure de la tension d'essai doit avoir une précision de  $\pm 3$  %.

## 7.4.6 Courant permanent $I_{CPV}$

### 7.4.6.1 Généralités

Les mesurages doivent être effectués en appliquant une source de courant continu à la tension  $U_{CPV}$  entre les bornes + et – du parafoudre.

Les courants continus (non compris le courant ondulé) circulant dans les bornes + et – doivent être enregistrés.

### 7.4.6.2 Critères d'acceptation

Les valeurs mesurées de la consommation du courant permanent ne doivent pas dépasser les valeurs déclarées par le constructeur selon 6.1.1.

## 7.5 Essais mécaniques

### 7.5.1 Vérification des distances dans l'air et des lignes de fuite

Les parafoudres pour applications domestiques et analogues doivent être conçus pour le degré de pollution 2.

Les parafoudres destinés à des applications dans des conditions d'environnement plus sévères peuvent exiger des précautions particulières, par exemple un boîtier de parafoudre approprié ou une enveloppe supplémentaire qui leur assure un degré de pollution 2.

NOTE Les boîtiers de parafoudres sans ouvertures de ventilation sont considérés comme assurant une protection adéquate limitant suffisamment la pollution pour permettre l'application des exigences de degré de pollution 2 aux lignes de fuite internes.

Pour les parafoudres destinés à des applications en extérieur et hors d'atteinte, le degré de pollution 4 s'applique. Ces exigences peuvent être limitées au degré de pollution 3 pour les lignes de fuite internes si les parafoudres sont protégés par un boîtier approprié assurant des conditions de degré de pollution 3.

L'écart entre les électrodes d'éclateurs ne doit pas être pris en compte pour la détermination des distances dans l'air et des lignes de fuite.

### 7.5.2 Critères d'acceptation

Les distances dans l'air et les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées dans le Tableau 9 et le Tableau 10 et doivent être appliquées aux points 1), 2) et 3) conformément au Tableau 9, la classification des matériaux du Tableau 11 étant précédemment appliquée aux parties appropriées du parafoudre comme paramètre d'entrée pour le Tableau 10.

NOTE Afin de déterminer les distances dans l'air exigées pour les altitudes dépassant 2 000 m, se référer à l'IEC 60664-1, Tableau F.2 et utiliser  $U_{max}$  comme paramètre d'entrée pour les colonnes du cas A en conditions de champ non homogène. Dans tous les cas, les distances minimales exigées selon le Tableau 9 de la présente norme s'appliquent pour des raisons mécaniques.

**Tableau 9 – Distances dans l'air pour les parafoudres**

| $U_{\max}$  | $\leq 2\,000\text{ V}^a$                   | $\leq 4\,000\text{ V}$ | $> 4\,000\text{ V}$<br>à<br>$6\,000\text{ V}$ | $> 6\,000\text{ V}$<br>à<br>$8\,000\text{ V}$ |
|---|--|------------------------|---|---|
|   | <b>Distances dans l'air en millimètres</b> |                        |   |   |
| 1) Entre parties actives de polarité différente   | 1,5  | 3                      | 5,5   | 8   |
| 2) Entre parties actives et   |  |                        |   |   |
| – vis ou autres moyens de fixation d'un capot devant être démonté pour le montage du parafoudre   | 1,5  | 3                      | 5,5   | 8   |
| – surfaces de fixation (NOTE 2)   | 3  | 6                      | 11  | 16  |
| – vis et autres moyens de fixation du parafoudre (NOTE 2)   | 3  | 6                      | 11  | 16  |
| – corps (NOTES 1 et 2)  | 1,5  | 3                      | 5,5   | 8   |
| 3) Entre parties métalliques du mécanisme du déconnecteur et  |  |                        |   |   |
| – corps (NOTE 1)  | 1,5  | 3                      | 5,5   | 8   |
| – vis et autres moyens de fixation du parafoudre  | 1,5  | 3                      | 5,5   | 8   |
| NOTE 1 Pour la définition du corps, voir 8.3.6 a) de l'IEC 61643-11:2011.   |  |                        |   |   |
| NOTE 2 Si les distances dans l'air entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le parafoudre est installé ne dépendent que de la conception du parafoudre et si elles ne peuvent pas être réduites quand le parafoudre est installé dans la position la plus défavorable (même dans une enveloppe métallique), les valeurs des lignes 1 suffisent. |  |                        |   |   |
| <sup>a</sup> cette colonne s'applique seulement pour les parafoudres avec $U_{CPV}$ inférieure ou égale à 180 V.  |  |                        |   |   |

**Tableau 10 – Lignes de fuite pour les parafoudres**

| Tension continue<br>V | Lignes de fuite minimales, en millimètres |                                      |                           |                                  |      |      |                                  |                  |      |  |  |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------|------|----------------------------------|------------------|------|--|--|
|                       | Matériau de circuit imprimé               |                                      | Degré de pollution        |                                  |      |      |                                  |                  |      |  |  |
|                       | Degré de pollution                        |                                      | 1                         |                                  |      | 2    |                                  |                  | 3    |  |  |
|                       | 1   | 2                                    | 1                         | 2                                |      |      | 3                                |                  |      |  |  |
|                       | Tous groupes de matériaux                 | Tous groupes de matériaux, sauf IIIb | Tous groupes de matériaux | Groupe de matériaux <sup>a</sup> |      |      | Groupe de matériaux <sup>a</sup> |                  |      |  |  |
|                       |   |                                      | I                         | II                               | III  | I    | II                               | III <sup>d</sup> |      |  |  |
| 10                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,08                      | 0,4                              | 0,4  | 0,4  | 1                                | 1                | 1    |  |  |
| 12,5                  | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,09                      | 0,42                             | 4,42 | 4,42 | 1,0                              | 1,05             | 1,05 |  |  |
| 16                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,1                       | 0,45                             | 0,45 | 0,45 | 1,1                              | 1,1              | 1,1  |  |  |
| 20                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,11                      | 0,48                             | 0,48 | 0,48 | 1,2                              | 1,2              | 1,2  |  |  |
| 25                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,125                     | 0,5                              | 0,5  | 0,5  | 1,2                              | 1,25             | 1,25 |  |  |
| 32                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,14                      | 0,53                             | 0,53 | 0,53 | 1,3                              | 1,3              | 1,3  |  |  |
| 40                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,16                      | 0,56                             | 0,8  | 1,1  | 1,4                              | 1,6              | 1,8  |  |  |
| 50                    | 0,025                                     | 0,04                                 | 0,18                      | 0,6                              | 0,85 | 1,2  | 1,5                              | 1,7              | 1,9  |  |  |
| 63                    | 0,04                                      | 0,063                                | 0,2                       | 0,63                             | 0,9  | 1,25 | 1,6                              | 1,8              | 2    |  |  |
| 80                    | 0,063                                     | 0,1                                  | 0,22                      | 0,67                             | 0,95 | 1,3  | 1,7                              | 1,9              | 2,1  |  |  |
| 100                   | 0,1                                       | 0,16                                 | 0,25                      | 0,71                             | 1    | 1,4  | 1,8                              | 2                | 2,2  |  |  |
| 125                   | 0,16                                      | 0,25                                 | 0,28                      | 0,75                             | 1,05 | 1,5  | 1,9                              | 2,1              | 2,4  |  |  |
| 160                   | 0,25                                      | 0,4                                  | 0,32                      | 0,8                              | 1,1  | 1,6  | 2                                | 2,2              | 2,5  |  |  |
| 200                   | 0,4                                       | 0,63                                 | 0,42                      | 1                                | 1,4  | 2    | 2,5                              | 2,8              | 3,2  |  |  |
| 250                   | 0,56                                      | 1                                    | 0,56                      | 1,25                             | 1,8  | 2,5  | 3,2                              | 3,6              | 4    |  |  |
| 320                   | 0,75                                      | 1,6                                  | 0,75                      | 1,6                              | 2,2  | 3,2  | 4                                | 4,5              | 5    |  |  |
| 400                   | 1   | 2                                    | 1                         | 2                                | 2,8  | 4    | 5                                | 5,6              | 6,3  |  |  |
| 500                   | 1,3                                       | 2,5                                  | 1,3                       | 2,5                              | 3,6  | 5    | 6,3                              | 7,1              | 8    |  |  |
| 630                   | 1,8                                       | 3,2                                  | 1,8                       | 3,2                              | 4,5  | 6,3  | 8                                | 9                | 10   |  |  |
| 800                   | 2,4                                       | 4                                    | 2,4                       | 4                                | 5,6  | 8    | 10                               | 11               | 12,5 |  |  |
| 1 000                 | 3,2                                       | 5                                    | 3,2                       | 5                                | 7,1  | 10   | 12,5                             | 14               | 16   |  |  |
| 1 250                 | -   | -                                    | 4,2                       | 6,3                              | 9,0  | 12,5 | 16,0                             | 18               | 20,0 |  |  |
| 1 600                 | -   | -                                    | 5,6                       | 8,0                              | 11,0 | 16,0 | 20,0                             | 22,0             | 25,0 |  |  |

Si la tension réelle est différente des valeurs données dans le tableau, il est admis de calculer des valeurs intermédiaires par interpolation. Dans ce cas, il convient d'appliquer une interpolation linéaire et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs issues du tableau.

<sup>a</sup> Pour plus d'informations sur les groupes de matériaux, se reporter au Tableau 11.

<sup>b</sup> Cette tension est applicable:

- pour l'isolation fonctionnelle, la tension de service,
- pour les isolations principale et supplémentaire du circuit directement alimenté par le réseau, la tension rationalisée à partir du Tableau F.3a de l'IEC 60664-1:2011, en se fondant sur la tension assignée des équipements, ou la tension d'isolement assignée,
- pour les isolations principale et supplémentaire de systèmes, équipements et circuits internes qui ne sont pas directement alimentés par le réseau, la tension la plus élevée qui peut se produire dans le système, équipement ou circuit interne lorsqu'il est alimenté à la tension assignée et dans la combinaison de conditions de fonctionnement les plus contraignantes compte tenu des caractéristiques assignées des équipements.

<sup>c</sup> Pour le circuit de protection principal, cette colonne fait référence à  $U_{CPV}$ .

<sup>d</sup> Le matériau IIIb ne doit pas être utilisé pour une application de degré de pollution 3 au-dessus de 630 V.

**Tableau 11 – Rapport entre groupes de matériaux et classifications**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| <b>Groupe de matériaux I</b>   | $600 \leq \text{IRC}$       |
| <b>Groupe de matériaux II</b>  | $400 \leq \text{IRC} < 600$ |
| <b>Groupe de matériaux IIIa</b>  | $175 \leq \text{IRC} < 400$ |
| <b>Groupe de matériaux IIIb</b>  | $100 \leq \text{IRC} < 175$ |
| NOTE La relation entre les groupes de matériaux et leurs classifications est fondée sur l'IEC 60112 (valeurs IRC, en utilisant la solution A). |                             |

Les mesurages sont effectués sans conducteur et avec des conducteurs de la plus grande section indiquée par le constructeur. Les écrous et les vis à têtes autres que circulaires sont censés être dans la position de serrage la plus défavorable.

S'il y a une cloison, la distance dans l'air est mesurée à travers la cloison; lorsque la cloison est constituée de deux parties non solidaires, le mesurage est effectué à travers l'espace de séparation. Les distances dans l'air à travers les fentes ou ouvertures ménagées dans les parties extérieures en matériau isolant sont mesurées par rapport à une feuille métallique appliquée sur la surface accessible: à cet effet, la feuille n'est pas enfoncée dans les ouvertures mais elle doit être poussée dans les coins et endroits similaires à l'aide du doigt d'épreuve conformément à l'IEC 60529.

Lorsqu'il y a un enfoncement le long d'une ligne de fuite, son profil n'est pris en compte que si sa largeur est d'au moins 1 mm; pour les enfoncements de moins de 1 mm, seule la largeur est prise en compte.

Lorsqu'il y a une cloison constituée de deux parties non collées l'une à l'autre, la ligne de fuite est mesurée à travers l'espace de séparation. Si la distance dans l'air entre une partie active et une cloison ayant des surfaces ajustées est inférieure à 1 mm, il n'est tenu compte que de la distance à travers la surface de séparation qui est alors considérée comme une ligne de fuite. Dans le cas contraire, la distance totale, c'est-à-dire la somme de la distance entre la partie active et la cloison, et la distance à travers la surface de séparation, est considérée comme étant la distance dans l'air. Si des parties métalliques sont recouvertes d'une résine autodurcissante d'au moins 2 mm d'épaisseur ou si elles sont recouvertes d'un matériau isolant supportant une tension d'essai selon 7.4.5, les lignes de fuite et distances dans l'air ne sont pas nécessaires.

La matière d'enrobage ou la résine ne doit pas dépasser le bord de la cavité; elle doit adhérer fortement aux parois de la cavité et aux parties métalliques qu'elle contient.

L'essai correspondant consiste à examiner la cavité et à essayer de séparer la matière d'enrobage ou la résine sans utiliser d'outillage.

## **7.6 Essais d'environnement et essais des matériaux**

### **7.6.1 Essai de durée de vie à la chaleur humide**

L'essai est effectué conformément à l'IEC 60068-2-78 et est appliqué à chaque mode de protection de l'échantillon.

Les échantillons sont ensuite placés pendant 500 h ( $\pm 1$  h) dans une enceinte climatique ajustée à une température de  $40\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  et ayant une humidité relative de 93 % ( $\pm 3\%$ ). Chaque mode de protection est connecté à une source d'essai ayant un courant de court-circuit présumé d'au moins 100 mA et ajustée à une tension continue de  $U_{\text{CPV}}$  pendant tout l'essai.

### 7.6.2 Critères d'acceptation

Une heure  $\pm$  10 min après le retrait des échantillons de l'enceinte climatique, les critères d'acceptation C, E et G du Tableau 5 doivent s'appliquer.

### 7.7 Essais supplémentaires pour des conceptions de parafoudres spécifiques

#### 7.7.1 Essais des parafoudres à un port avec bornes d'entrée/sortie séparées

##### 7.7.1.1 Courant de charge assigné ( $I_L$ )

Le parafoudre doit être alimenté en tension  $U_{CPV} +0/-5\%$  à température ambiante, au moyen d'un câble d'une section nominale telle que spécifiée dans le Tableau 12. L'essai doit être réalisé sous un courant de charge assigné circulant dans une résistance de charge jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte. Il n'est pas admis d'effectuer un refroidissement supplémentaire du parafoudre.

**Tableau 12 – Conducteurs pour l'essai de courant de charge assigné**

|  | Courant d'essai [A] |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |        |        |        |        |
|--|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|
| Supérieur à  | 0                   | 8   | 12  | 15  | 20  | 25  | 32 | 50 | 65 | 85  | 100 | 115 | 130 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250    | 275    | 300    | 350    |
| Inférieur ou égal à  | 8                   | 12  | 15  | 20  | 25  | 32  | 50 | 65 | 85 | 100 | 115 | 130 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275    | 300    | 350    | 400    |
| Section [mm <sup>2</sup> ]   | 1,0                 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 4,0 | 6,0 | 10 | 16 | 25 | 35  | 35  | 50  | 50  | 70  | 95  | 95  | 120 | 150    | 185    | 185    | 240    |
| Section AWG  | 17                  | 16  | 16  | 14  | 12  | 10  | 8  | 6  | 4  | 2   | 2   | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 3/0 | 4/0 | 300MCM | 350MCM | 350MCM | 500MCM |
| Si d'autres sections normalisées sont utilisées dans certains pays, il convient d'utiliser, pour les essais, la section supérieure la plus proche. |                     |     |     |     |     |     |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |        |        |        |        |

##### 7.7.1.2 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation C, F et G du Tableau 5, ainsi que les critères d'acceptation supplémentaires définis ci-dessous doivent s'appliquer.

Lors de l'essai, l'échauffement des surfaces accessibles en utilisation normale ne doit pas dépasser les valeurs données à l'Annexe G de l'IEC 61643-11:2011.

#### 7.7.2 Essais d'environnement des parafoudres utilisés en extérieur

Voir l'Annexe F de l'IEC 61643-11:2011. L'application de ces essais ou d'autres modes opératoires d'essai appropriés est subordonnée à un accord préalable entre le constructeur et l'utilisateur.

#### 7.7.3 Parafoudres à circuits isolés séparés

La résistance d'isolement entre les circuits principaux et les circuits isolés séparés doit être vérifiée en effectuant l'essai de 8.3.6 de l'IEC 61643-11:2011.

La rigidité diélectrique entre les circuits principaux et les circuits isolés séparés doit être vérifiée en effectuant les essais de:

- 7.4.5 si les circuits séparés ont des caractéristiques assignées pour le courant continu et/ou
- 8.3.7 de l'IEC 61643-11:2011 si les circuits séparés ont des caractéristiques assignées pour le courant alternatif.

## **8 Essais individuels de série et essais de réception**

### **8.1 Essais individuels de série**

Un ou plusieurs essais appropriés sont effectués en cours de production afin de vérifier que le parafoudre est en mesure de satisfaire à ses performances. Le constructeur doit déclarer la ou les méthodes d'essai correspondantes.

### **8.2 Essais de réception**

Les essais de réception sont réalisés après accord entre le constructeur et l'acheteur. Si l'acheteur définit des essais de réception dans le contrat d'achat, les essais suivants doivent être effectués sur le nombre entier situé immédiatement en dessous de la racine cubique du nombre de parafoudres à fournir. Toute modification du nombre d'échantillons ou du type d'essai doit être négociée entre le constructeur et l'acheteur.

Sauf spécification contraire, les essais de réception suivants doivent être réalisés:

- la vérification de l'identification conformément à 6.1.1;
- la vérification des marquages par examen conformément à 6.1.2.
- la vérification des paramètres électriques au moyen de l'article approprié (par exemple, la tension de limitation mesurée conformément à 8.3.3 de l'IEC 61643-11:2011).

## Annexe A (normative)

### Essais de détermination de la présence d'un composant à coupure de tension et de l'amplitude du courant de suite d'un parafoudre

#### A.1 Généralités

Le constructeur effectue ces essais pour fournir les informations exigées en 6.1.1 1) et/ou en 6.1.1 2) et en 7.2.3.2.

#### A.2 Essai de détermination de la présence d'un composant à coupure de tension

Cet essai doit être effectué seulement si la conception interne du parafoudre n'est pas connue. Un nouvel échantillon doit être utilisé uniquement pour cet essai.

Le courant de choc normalisé 8/20 est utilisé pour les essais de classe I et de classe II des parafoudres à une valeur de crête selon  $I_n$  ou  $I_{imp}$  comme déclaré par le constructeur. Pour les essais de classe III des parafoudres, un générateur d'ondes combinées doit être utilisé avec une tension de circuit ouvert égale à la tension  $U_{OC}$  déclarée par le constructeur.

Une tension de choc doit être appliquée au parafoudre. La tension dans le parafoudre doit être enregistrée à l'oscilloscope.

Si la forme d'onde de la tension enregistrée présente une chute brutale, le parafoudre est considéré comme comportant un composant de coupure (crowbar).

#### A.3 Essai de détermination de l'amplitude du courant de suite

Cet essai est destiné à déterminer si la valeur de crête du courant de suite est supérieure ou inférieure à 5 A.

Si la conception interne et la valeur de crête du courant de suite du parafoudre sont connues, cet essai préliminaire n'est pas exigé.

- a) L'essai doit être effectué sur un échantillon d'essai séparé.
- b) La source d'alimentation est une source linéaire de courant continu.
- c) Le courant de court-circuit présumé doit être de 100 A (0/+5 %). Le circuit d'essai doit avoir une inductance supérieure ou égale à 100  $\mu$ H.
- d) La tension mesurée aux bornes du parafoudre doit être égale à  $U_{CPV} \begin{matrix} 0 \\ -5 \end{matrix}$  %.
- e) Le courant de suite doit être généré par un choc de courant 8/20 ou par une forme d'onde combinée.
- f) La valeur de crête du choc d'essai doit correspondre à  $I_n$  ou  $I_{imp}$  ou  $U_{OC}$ .
- g) La polarité du choc doit coïncider avec la polarité de tension de la source d'alimentation.
- h) Mesurer et enregistrer la valeur de crête du courant de suite.

## Annexe B (informative)

### Comportement transitoire de la source d'essai PV

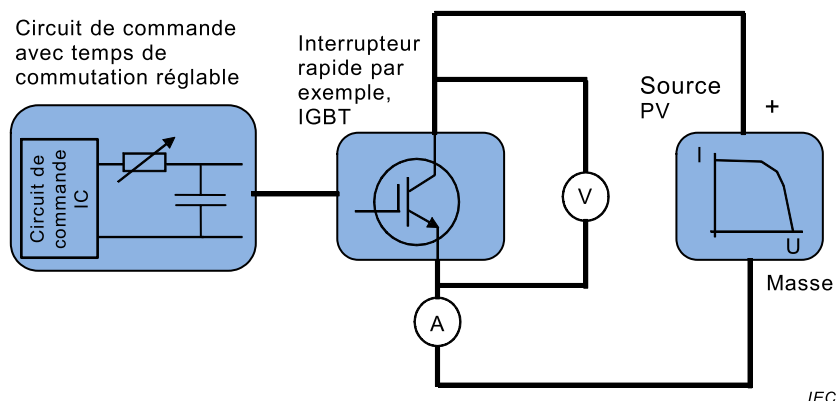
#### B.1 Comportement transitoire de la source d'essai PV selon 7.2.3.1

Pour s'assurer que la source PV utilisée pendant l'essai de fonctionnement et pendant l'essai de mode de défaillance donne des résultats comparables, il est nécessaire de déterminer un mode opératoire permettant de définir avec précision le comportement de la source d'essai.

La caractéristique I/U transitoire d'une source PV dépend du temps de déconnexion  $t_{OFF}$  et diffère de celle de la source linéaire ayant la même tension de circuit ouvert et le même courant de court-circuit.

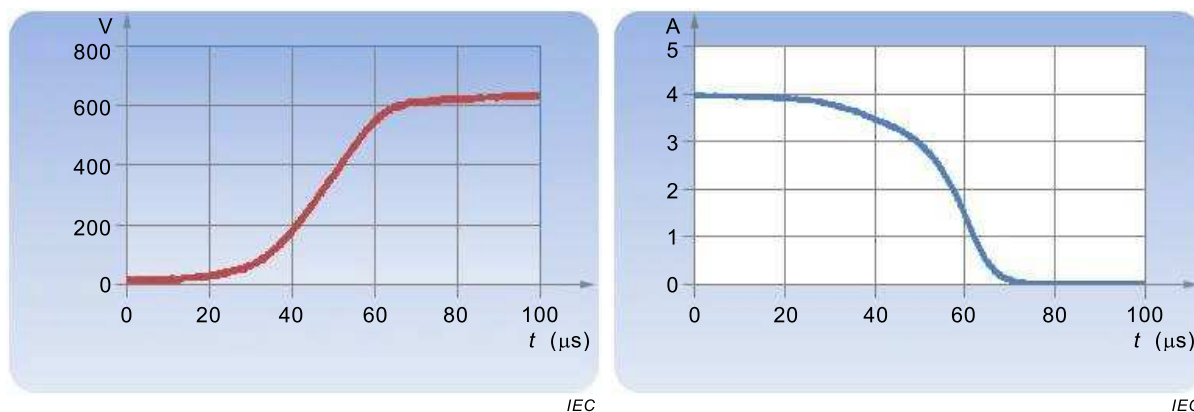
#### B.2 Montage d'essai utilisant un interrupteur à semiconducteur pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV

La Figure B.1 représente un montage d'essai permettant de déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV.



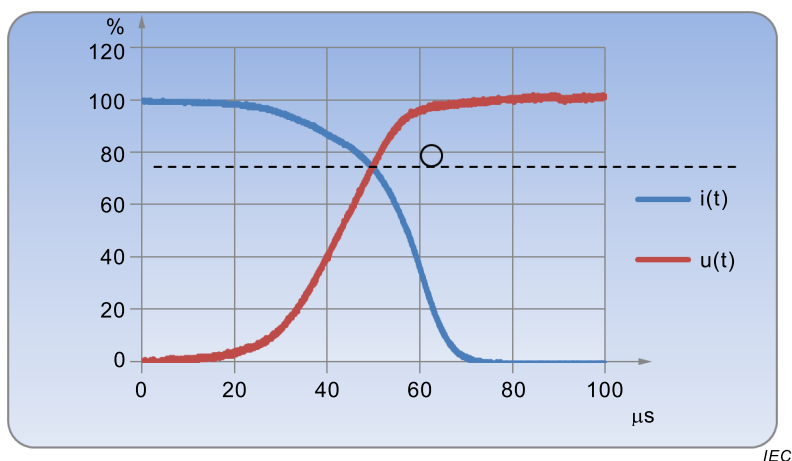
**Figure B.1 – Montage d'essai utilisant un interrupteur à semiconducteur réglable pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV**

L'interrupteur à semiconducteur doit être réglé de manière à couper la source d'essai PV dans un délai compris entre 50  $\mu$ s et 100  $\mu$ s (Figure B.2).



**Figure B.2 – Comportement en fonction du temps de la tension et du courant pendant le temps de déconnexion d’un interrupteur à semiconducteur au niveau d’une source PV,  $I_{SC} = 4 \text{ A}$ , tension de circuit ouvert = 640 V**

La mise à l’échelle des courbes mesurées de  $i(t)$  et  $u(t)$  à 100 % permet de définir un chronogramme de déconnexion normalisé qui ne dépend pas de la tension de circuit ouvert de la source PV et du courant  $I_{SC}$  (Figure B.3).



**Figure B.3 – Comportement de déconnexion du semiconducteur (normalisé) avec le point d’intersection  $i(t) / u(t)$**

Le point d’intersection entre les courbes  $i(t)$  et  $u(t)$  mises à l’échelle doit être supérieur ou égal à 70 %.

Pour un temps de déconnexion  $t_{OFF}$  supérieur à 50 μs, il convient que la caractéristique  $I/U$  calculée de la source d’essai PV corresponde au comportement statique  $i = f(u)$  de la source d’essai PV (Figure B.4).

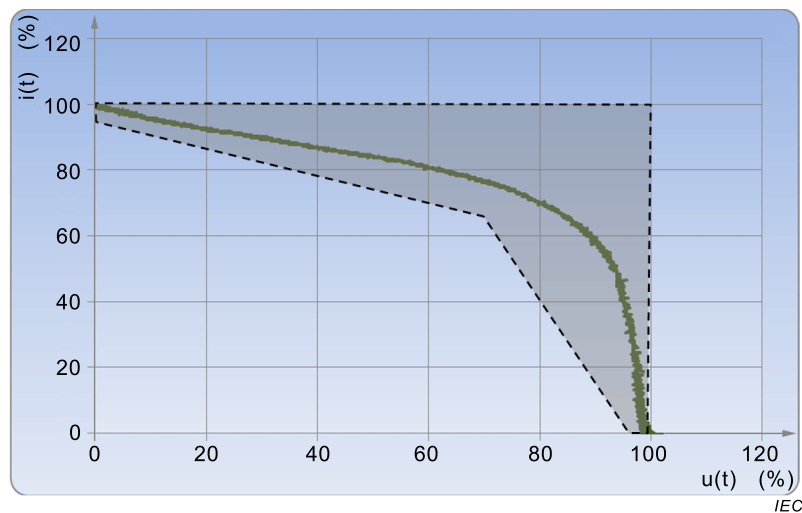


Figure B.4 – Caractéristique I/U de la source d'essai PV calculée à partir des enregistrements normalisés de courant et de tension de la Figure B.3

### B.3 Montage d'essai alternatif utilisant un fusible

En variante au montage d'essai décrit en 7.2.3, le circuit d'essai représenté à la Figure B.5 utilise un fusible (de type PV) de valeur assignée  $0,1 \times I_{SCPV}$  pour déterminer les caractéristiques de la source d'essai PV.

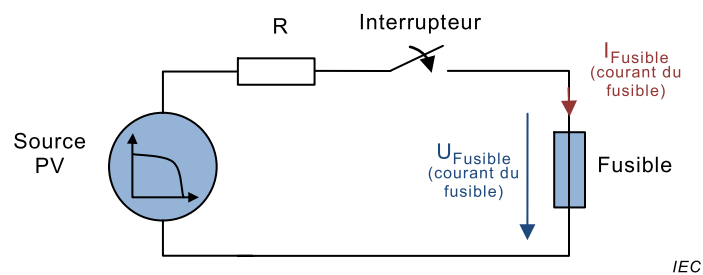
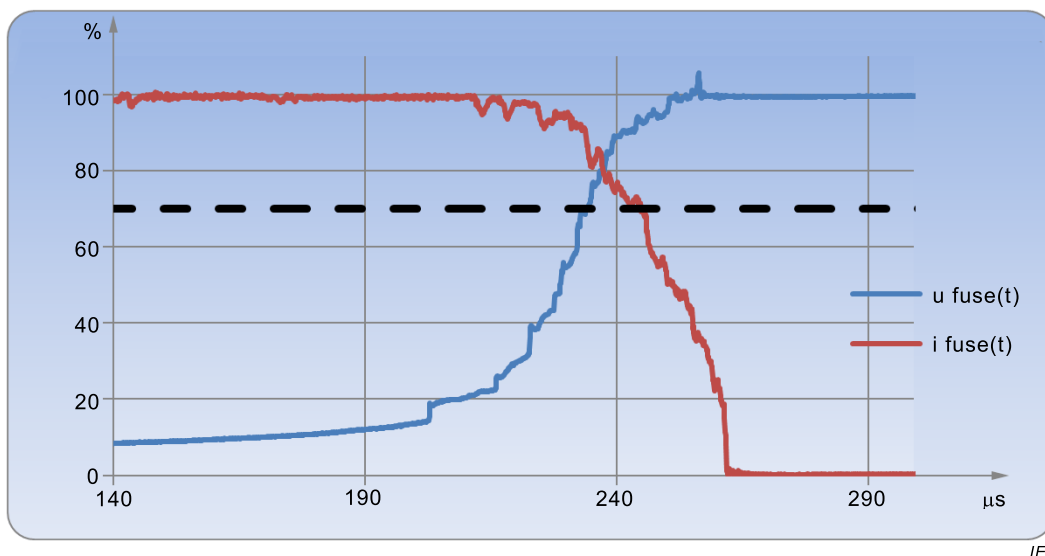


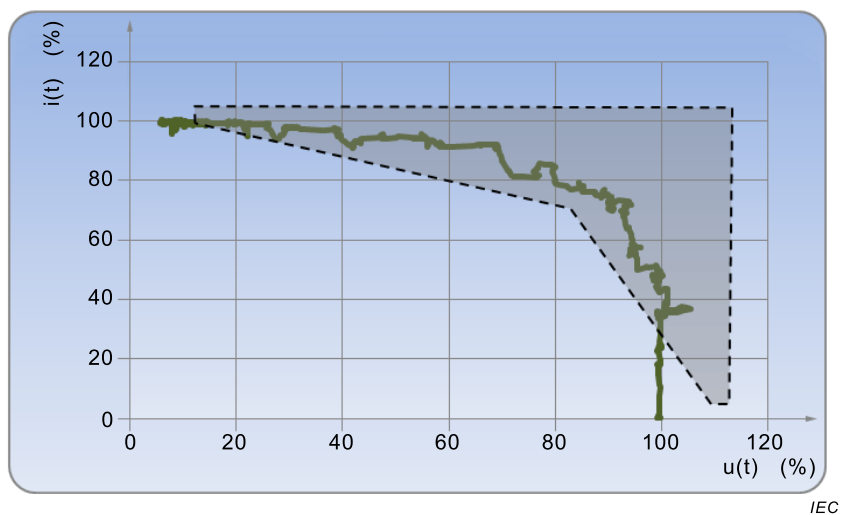
Figure B.5 – Montage d'essai utilisant un fusible pour déterminer le comportement transitoire d'une source d'essai PV



**Figure B.6 – Comportement de déconnexion normalisé pendant le fonctionnement d'un fusible de valeur assignée  $0,1 \times I_{SCPV}$  au niveau d'une source d'essai PV avec le point d'intersection  $i(t) / u(t)$**

Le point d'intersection entre les courbes  $i(t)$  et  $u(t)$  mises à l'échelle doit être supérieur ou égal à 70 %.

Pour un temps de déconnexion  $t_{OFF}$  supérieur à 50  $\mu s$ , il convient que la caractéristique  $I/U$  calculée de la source d'essai PV corresponde au comportement statique  $i = f(u)$  de la source d'essai PV (Figure B.7).



**Figure B.7 – Caractéristique  $I/U$  de la source d'essai PV calculée à partir des enregistrements normalisés de courant et de tension de la Figure B.6**

## Bibliographie

IEC 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60364-5-51, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-51: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Règles communes*

IEC 60950, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité*

IEC 61643-32, *Parafoudres basse tension – Partie 32: Parafoudres connectés au côté courant continu des installations photovoltaïques – Principes de choix et d'application*

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

ISO 4892-1, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 1: Guide général*

ASTM G151, *Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources*

ISO 4628-3, *Peintures et vernis – Évaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect – Partie 3: Évaluation du degré d'enrouillement*

---





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)