

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – DC surge arresters and voltage limiting devices –
Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps**

**Applications ferroviaires – Parafoudres et appareils limiteurs de tension pour
réseaux à courant continu –
Partie 1: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 62848-1

Edition 1.0 2016-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – DC surge arresters and voltage limiting devices –
Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps**

**Applications ferroviaires – Parafoudres et appareils limiteurs de tension pour
réseaux à courant continu –
Partie 1: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-3452-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	8
4 Characteristics	14
4.1 Marking.....	14
4.2 Service conditions.....	14
4.2.1 Normal service conditions	14
4.2.2 Abnormal service conditions.....	15
4.3 Requirements.....	15
4.3.1 Insulation withstand of the arrester housing	15
4.3.2 Reference voltage.....	15
4.3.3 Residual voltages.....	16
4.3.4 Internal partial discharges	16
4.3.5 Seal leakage.....	16
4.3.6 Current distribution in a multi-column arrester.....	16
4.3.7 Charge transfer.....	16
4.3.8 Operating duty	16
4.3.9 Short circuit behaviour	16
4.3.10 Protective characteristics of the arresters	16
5 Arrester classification	16
6 Type test.....	17
6.1 General.....	17
6.2 Insulation withstand tests on the arrester housing	18
6.2.1 General	18
6.2.2 Ambient air conditions during tests	19
6.2.3 Wet test procedure.....	19
6.2.4 Lightning impulse voltage test	19
6.2.5 DC voltage withstand test.....	19
6.3 Residual voltage tests	19
6.3.1 General	19
6.3.2 Steep current impulse residual voltage test.....	20
6.3.3 Lightning impulse residual voltage test	20
6.3.4 Switching impulse residual voltage test.....	20
6.4 Charge transfer test	21
6.4.1 General	21
6.4.2 Charge transfer test requirements	21
6.5 Operating duty tests	22
6.5.1 General	22
6.5.2 Accelerated ageing procedure	23
6.5.3 Operating duty test.....	25
6.6 Short-circuit tests.....	27
6.6.1 General	27
6.6.2 Preparation of the test samples	28
6.6.3 Testing of porcelain housed arresters.....	29
6.6.4 Testing of polymer housed arresters.....	31

6.6.5	Evaluation of test results	33
6.7	Internal partial discharge tests	34
6.8	Bending moment test	34
6.8.1	General	34
6.8.2	Test on porcelain and cast-resin housed arresters	34
6.8.3	Test on polymer-housed arresters with and without enclosed gas volume	35
6.8.4	Definition of mechanical loads	38
6.9	Seal leak rate test	39
6.9.1	General	39
6.9.2	Definition of seal leak rate	39
6.9.3	Sample preparation	40
6.9.4	Test procedure	40
6.9.5	Test evaluation	40
6.10	Environmental tests	40
6.10.1	Weather ageing test for polymer-housed surge arresters	40
6.10.2	Accelerated weathering test for polymer housed surge arresters and cast resin housed surge arresters	41
6.10.3	Temperature cycling test and salt mist test for porcelain and cast resin- housed arresters	42
6.11	Shock and vibration test	43
7	Routine tests and acceptance tests	43
7.1	Routine tests	43
7.2	Acceptance tests	43
	Annex A (normative) Flowchart of testing procedure of bending moment	44
	Annex B (informative) Direct lightning current impulse withstand test	45
	Bibliography	47
	Figure 1 – Impulse current – Rectangular	22
	Figure 2 – Power losses of the metal-oxide resistor at elevated temperatures versus time	24
	Figure 3 – Short-circuit test setup for porcelain-housed arresters (all leads and venting systems in the same plane)	29
	Figure 4 – Short circuit test setup for polymer housed arresters (all leads and venting systems in the same plane)	32
	Figure 5 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing immediately before applying the short-circuit test current	33
	Figure 6 – Thermomechanical preconditioning	36
	Figure 7 – Example of the arrangement for the thermo-mechanical preconditioning and directions of the cantilever load	37
	Figure 8 – Water immersion test	38
	Figure 9 – Definition of mechanical loads (base load = SSL)	39
	Figure 10 – Surge arrester unit	39
	Figure A.1 – Flowchart of testing procedure of bending moment	44
	Table 1 – Arrester classification	17
	Table 2 – Nominal discharge current	17
	Table 3 – Type tests	18
	Table 4 – Peak currents for switching impulse residual voltage test	21

Table 5 – Parameters for the charge transfer test	21
Table 6 – Determination of elevated continuous operating voltage	25
Table 7 – Test procedure of operating duty test	25
Table 8 – Values for high current impulses	26
Table 9 – Required currents for short-circuit tests of porcelain housed arresters	30
Table 10 – Required currents for short-circuit tests	32
Table B.1 – Parameters for the direct lightning impulse	45

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – DC SURGE ARRESTERS
AND VOLTAGE LIMITING DEVICES –****Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps**

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 62848-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This International Standard is based on EN 50526-1:2012, the main technical changes with regard to EN 50526-1:2012 are as follows:

- a) According to Resolution 52/33, taken by IEC technical committee 9, this international standard should apply to both fixed installations and rolling stock, therefore the title is replaced with "Railway applications – DC surge arresters and voltage limiting devices – Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps", and the scope of IEC 62848-1 is modified so that the standard can be used in both cases.
- b) As rolling stocks are supplied with many voltages as stated in IEC 60850, the surge arrester will limit voltage surge on DC systems specified in IEC 60850 with nominal voltage up to 3 kV.
- c) The European standards, listed in the original EN 50526-1:2012, are replaced with international standards, if they have corresponding international standards, as follows:

- 1) EN 50124-1:2001 → IEC 62497-1:2010;
 - 2) EN 50125-2:2002 → IEC 62498-2:2010;
 - 3) EN 60060-1:2010 → IEC 60060-1:2010;
 - 4) EN 60270:2001 → IEC 60270:2000;
 - 5) EN 61109:2008 → IEC 61109:2008;
 - 6) EN ISO 4287:1998 → ISO 4287:1997;
 - 7) EN ISO 4892-1:2000 → ISO 4892-1:1999;
 - 8) EN ISO 4892-2:2006 → ISO 4892-2:2006;
 - 9) EN ISO 4892-3:2006 → ISO 4892-3:2006.
- d) As this international standard will be used for both rolling stock and fixed installation, the following international standards relating to rolling stock are added:
- 1) IEC 62498 (all parts), *Railway applications – Environmental conditions for equipment*;
 - 2) IEC 61373, *Railway applications- Rolling stock equipment- Shock and vibration tests*.

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

FDIS	Report on voting
9/2155/FDIS	9/2177/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 in the IEC 62848 series, published under the general title *Railway applications – DC surge arresters and voltage limiting devices*, can be found 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.

RAILWAY APPLICATIONS – DC SURGE ARRESTERS AND VOLTAGE LIMITING DEVICES –

Part 1: Metal-oxide surge arresters without gaps

1 Scope

This part of IEC 62848 applies to non-linear metal-oxide surge arresters without gaps for both on board and fixed installations, designed to limit voltage surges on DC systems specified in IEC 60850 with nominal voltage up to 3 kV.

2 Normative references

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

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

IEC 60068-2-11:1981, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

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

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 61109:2008, *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61373, *Railway applications- Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 62497-1:2010, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498 (all parts), *Railway applications – Environmental conditions for equipment*

IEC 62498-1:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62498-2:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations*

ISO 4287:1997, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters*

ISO 4892-1:1999, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 1: General guidance*

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

ISO 4892-3:2016, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV lamps*

3 Terms and definitions

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

3.1

nominal voltage

U_n
designated value for a system

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.3]

3.2

highest permanent voltage

U_{max1}
maximum value of the voltage likely to be present indefinitely

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.4]

3.3

highest non-permanent voltage

U_{max2}
maximum value of the voltage likely to be present for a limited period of time

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.5]

3.4

rated insulation voltage

U_{Nm}
DC withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or a part of it, characterising the specified permanent (over 5 min) withstand capability of its insulation

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.4.4, modified – the rated insulation voltage is a DC withstand voltage value for DC surge arrester and Note 1 to Note 4 have been deleted]

3.5

rated impulse withstand voltage

U_{Ni}
impulse voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or a part of it, characterising the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.4.7, modified – Note has been deleted.]

3.6

overvoltage

voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of the highest non-permanent voltage U_{max2}

3.7**transient overvoltage**

short duration overvoltage of a few milliseconds (up to 20 ms) or less associated with a transient regime. Two particular transient overvoltages are defined: switching overvoltage and lightning overvoltage

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.2, modified – Note has been deleted.]

3.8**switching overvoltage**

transient overvoltage at any point of the system due to specific switching operation or fault

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.3]

3.9**lightning overvoltage**

transient overvoltage at any point of the system due to a lightning discharge

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.4]

3.10**surge arrester**

device intended to limit the transient overvoltages to a specified level

3.11**metal-oxide surge arrester**

arrester having non-linear metal-oxide resistors connected in series and/or in parallel without any integrated series or parallel spark gaps

3.12**continuous operating voltage of an arrester**

U_c

designated permissible DC voltage value that may be applied continuously between the arrester terminals

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.9, modified – the definition has been adapted for DC surge arrester instead of AC surge arrester.]

3.13**rated voltage of an arrester**

U_r

voltage by which the arrester is designated

Note 1 to entry: Because of the particular nature of the DC electrical installation dealt with, the rated voltage of a DC arrester coincides with the continuous operating voltage.

3.14**elevated continuous operating voltage**

U_c^*

test voltage U_c^* that, when applied to new metal-oxide resistor, gives the same power losses as the voltage U_c when applied to aged metal-oxide resistors

3.15**lightning impulse protection level**

U_{pl}

maximum residual voltage for the nominal discharge current

3.16
switching impulse protection level

U_{ps}
maximum residual voltage at the specified switching impulse current

3.17
charge transfer capability

Q_t
maximum charge per impulse that can be transferred during the charge transfer test and during the operating duty test

3.18
discharge current of an arrester

impulse current which flows through the arrester

3.19
nominal discharge current of an arrester

I_n
peak value of lightning current impulse which is used to classify an arrester

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.30]

3.20
high current impulse of an arrester

peak value of discharge current having a 4/10 μs impulse shape which is used to test the stability of the arrester on direct lightning strokes

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.31]

3.21
steep current impulse

current impulse with a virtual front time of 1 μs with limits in the adjustment of equipment such that the measured values are from 0,9 μs to 1,1 μs and the virtual time to half-value on the tail is not longer than 20 μs

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.16, modified – Note has been deleted.]

3.22
lightning current impulse

8/20 current impulse with limits on the adjustment of equipment such that the measured values are from 7 μs to 9 μs for the virtual front time and from 18 μs to 22 μs for the time to half-value on the tail

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.17]

3.23
direct lightning current impulse

impulse defined by the charge Q and the peak value of the current impulse I_{imp}

3.24
switching current impulse of an arrester

I_{sw}
peak value of discharge current having a virtual front time greater than 30 μs but less than 100 μs and a virtual time to half value on the tail of roughly twice the virtual front time

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.32]

3.25**reference current of an arrester** I_{ref}

DC current defined by the manufacturer used to determine the reference voltage of the arrester

Note 1 to entry: The reference current will be typically in the range of 0,01 mA to 0,5 mA per square centimetre of disc area for single column arrester.

3.26**reference voltage of an arrester** U_{ref}

DC voltage which is applied to the arrester to obtain the reference current

Note 1 to entry: For asymmetrical U/I characteristics, the lower value of the two voltages shall be used to determine the reference voltage.

[SOURCE: IEC 60099-9:2014, 3.49, modified – Note 1 has been adapted and Note 2 deleted.]

3.27**residual voltage of an arrester** U_{res}

peak value of voltage that appears between the terminals of an arrester during the passage of discharge current

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.36]

3.28**rated short circuit current of an arrester** I_{s}

maximum current that may flow in case of an arrester failure for a specified time

3.29**shed**

insulating part projecting from the housing, intended to increase the creepage distance

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.46.2]

3.30**porcelain-housed arrester**

arrester using porcelain as housing material, with fittings and sealing systems

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.59]

3.31**polymer-housed arrester**

arrester using polymeric and/or composite materials for housing

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.60, modified – this definition has been adapted and Note has been deleted.]

3.32**cast-resin housed arrester**

arrester using a housing made from organic hard material that fractures similarly to a porcelain housing under mechanical overstress

3.33**bending moment**

horizontal force acting on the arrester housing multiplied by the vertical distance between the mounting base (lower level of the flange) of the arrester housing and the point of application of the force

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.61]

3.34**torsional loading**

horizontal force at the top of a vertical mounted arrester housing which is not applied to the longitudinal axis of the arrester

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.63, modified – “each” deleted]

3.35**breaking load**

force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain-housed arrester leading to mechanical failure of the arrester housing

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.64]

3.36**mean breaking load****MBL**

average breaking load for porcelain arresters determined from tests

Note 1 to entry: Adapted from IEC 60099-4:2009, Clause A.2.

3.37**specified long-term load****SLL**

force perpendicular to the longitudinal axis of an arrester, allowed to be continuously applied during service without causing any mechanical damage to the arrester

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.66]

3.38**specified short-term load****SSL**

greatest force perpendicular to the longitudinal axis of an arrester, allowed to be applied during service for short periods and for relatively rare events (for example, short-circuit current loads, extreme wind gusts) without causing any mechanical damage to the arrester

[SOURCE: IEC 60099-4: 2009, 3.67]

3.39**non-linear metal-oxide resistor**

part of the surge arrester which, by its non-linear voltage versus current characteristic, acts as a low resistance to overvoltages, thus limiting the voltage across the arrester terminals, and as a high resistance at normal operating voltage

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.2]

3.40**pressure-relief device of an arrester**

means for relieving internal pressure in an arrester and preventing violent shattering of the housing following prolonged passage of fault current or internal flashover of the arrester

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.7]

3.41

internal parts

metal-oxide resistor element with supporting structure

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.69]

3.42

seal

gas/water tightness

ability of an arrester to avoid ingress of matter affecting the electrical and/or mechanical behaviour into the arrester

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.70]

3.43

disruptive discharge

phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, which include a collapse of voltage and the passage of current

Note 1 to entry: The term applies to electrical breakdowns in solid, liquid and gaseous dielectric, and combinations of these.

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.11, modified]

3.44

puncture

breakdown

disruptive discharge through a solid

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.12]

3.45

flashover

disruptive discharge over a solid surface

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.13]

3.46

impulse

unidirectional wave of voltage or current which without appreciable oscillations rises rapidly to a maximum value and falls, usually less rapidly, to zero with small, if any, excursions of opposite polarity

Note 1 to entry: The parameters which define a voltage or current impulse are polarity, peak value, front time and time to half value on the tail.

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.14]

3.47

type test

design test

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

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

3.48**routine test**

conformity test made on each individual item during or after manufacture

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

3.49**acceptance test**

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

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

3.50**prospective short circuit current**

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

4 Characteristics**4.1 Marking**

Surge arresters shall be identified by the following minimum information which shall appear on the rating plate (nameplate):

- rated voltage $U_r = U_c$;
- nominal discharge current I_n in kA;
- rated short circuit current I_s in kA;
- manufacturer's name or trademark, type and identification;
- year of manufacture;
- serial number;
- arrester class.

NOTE The rated voltage of a DC metal-oxide arresters coincides with continuous operating voltage as per the operating duty test.

Conditions in AC systems:

According to IEC 60099-4:2009, 3.8, the rated voltage of a surge arrester is defined as the maximum permissible RMS value of power-frequency voltage between its terminals at which it is designed to operate correctly under long-term overvoltage conditions as established in the operating duty test. The rated voltage is the 10 s power-frequency voltage used in the operating duty test after high-current or long-duration impulses. U_c is applied for 30 min immediately after the application of rated voltage in the operating duty test where thermal stability has to be demonstrated. Typically the ratio between rated voltage and U_c is about 1,25 for surge arresters in AC systems corresponding to a specific long-term overvoltage, which may occur during fault conditions in the AC system.

Conditions in DC systems:

According to IEC 60850 the supply voltages of traction systems are defined. The highest non-permanent voltage U_{max2} is defined for durations from 1 s to 5 min. By selection of the surge arrester by $U_c > U_{max2}$, the operating duty test as specified in 6.5 covers all effects of long-term overvoltages longer than 1 s with significant margin. No higher long-term overvoltages, which could be assigned to a "rated voltage" occur in DC systems.

4.2 Service conditions**4.2.1 Normal service conditions**

Surge arresters which conform to this international standard shall be suitable for operation under the following normal service conditions:

- a) ambient temperature within the range of -40 °C to $+40\text{ °C}$;

- b) solar radiation (see 4.8 of IEC 62498-2:2010);
- c) altitude not exceeding 1 400 m (from IEC 62498 series);
- d) pollution not exceeding PD 1 for indoor installations and PD 4 for outdoor installations as given in IEC 62497-1;
- e) installation in the vicinity of a rail track on foundations designed so as to damp the main effects of the passage of the trains. Nevertheless a limited vibration or limited shocks may affect the equipment, which shall be capable of operating satisfactorily when subjected to the following conventional accelerations separately applied:
 - vertical acceleration (g_v): 5 m/s²;
 - horizontal acceleration (g_h): 5 m/s²;
- f) surge arresters for onboard rolling stock shall be able to withstand vibrations and shocks that occur in service as defined in IEC 61373;
- g) surge arrester shall comply with the wind conditions as defined in 4.4.1 of IEC 62498-2:2010 or air movement condition as defined in 4.5 of IEC 62498-1:2010.

4.2.2 Abnormal service conditions

The following are typical abnormal service conditions which may require special consideration in the manufacture or application of surge arresters and should be called to the attention of the manufacturer:

- a) temperature in excess of +40 °C or below –40 °C;
- b) application at altitudes higher than 1 400 m;
- c) fumes or vapours which may cause deterioration of insulating surface or mounting hardware;
- d) excessive contamination by smoke, dirt, salt spray or other conducting materials;
- e) excessive exposure to moisture, humidity, dropping water or steam;
- f) live washing of arrester;
- g) explosive mixtures of dust, gases or fumes;
- h) abnormal mechanical conditions (earthquakes, vibrations, high ice loads, high cantilever stresses);
- i) unusual transportation or storage;
- j) heat sources near the arrester;
- k) non-vertical erection and suspended erection;
- l) torsional loading of the arrester;
- m) tensile loading of the arrester;
- n) use of the arrester as a mechanical support.

4.3 Requirements

4.3.1 Insulation withstand of the arrester housing

The insulation of the arrester housing shall be coordinated with the arrester protective characteristics. Tests shall be performed according to 6.2.

4.3.2 Reference voltage

Measurement of reference voltage is necessary for the selection of a correct test sample in the operating duty test, see 6.5. The reference voltage of a DC surge arrester is measured at a specific reference current. The reference current is typically in the range of 0,05 mA to 1,0 mA per square centimetre of the disc area for single column arresters. The minimum reference voltage of the arrester at the reference current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data.

4.3.3 Residual voltages

The maximum residual voltages for a given design and for all specified currents and wave shapes shall be obtained from the type test data and from the maximum residual voltage at a lightning impulse current used for the routine test as specified and published by the manufacturer. The maximum residual voltage of a given arrester design for any current and wave shape shall be calculated from the residual voltage of samples tested during type test multiplied by a specific scale factor. This scale factor is equal to the ratio of the declared maximum residual voltage, as checked during the routine test, to the measured residual voltage of the samples at the same current and wave shape.

4.3.4 Internal partial discharges

The internal partial discharges of the arrester energized at 1,05 times its continuous operating voltage shall not exceed 10 pC.

4.3.5 Seal leakage

For arresters having an enclosed gas volume and a separate sealing system, seal leak rates shall be specified as defined in 6.9.

4.3.6 Current distribution in a multi-column arrester

The manufacturer shall specify the unbalance of the current distribution in a multicolumn arrester.

4.3.7 Charge transfer

Arresters shall be able to withstand the charge transfer test as specified in 6.4.

4.3.8 Operating duty

Arresters shall be able to withstand the combination of stresses arising in service as demonstrated by the operating duty tests, see 6.5.

4.3.9 Short circuit behaviour

Arresters shall be able to withstand a short circuit test as specified in 6.6. The arrester shall not fail in a manner that causes violent shattering of the housing and that self-extinguishing of open flames (if any) occurs within a specified period of time.

4.3.10 Protective characteristics of the arresters

The protective characteristics of the arresters are given by the following:

- a) residual voltage for steep current impulse according to 6.3.2;
- b) residual voltage versus discharge current characteristic for lightning impulses according to 6.3.3;
- c) residual voltage for switching impulse U_{ps} according to 6.3.4.

5 Arrester classification

Surge arresters are classified by Q_t according to Table 1.

Table 1 – Arrester classification

Class	Charge transfer capability Q_t As
DC-A	1,0
DC-B	2,5
DC-C	7,5

Classes DC-A, DC-B and DC-C correspond to increased charge transfer capabilities. The selection of the appropriate class shall be based on system requirements.

The nominal discharge current shall be selected from the values of Table 2.

Table 2 – Nominal discharge current

Nominal discharge current I_n kA
5
10
20

6 Type test

6.1 General

Type tests shall be carried out as given in Table 3.

Once made, these type tests need not be repeated unless the design is changed so as to modify its performance. In such a case only the relevant tests need be repeated.

Table 3 – Type tests

No.	Tests	Subclause
1	Insulation withstand tests on the arrester housing	6.2
2	Residual voltage tests a) Steep current impulse residual voltage test b) Lightning impulse residual voltage test c) Switching impulse residual voltage test	6.3 6.3.2 6.3.3 6.3.4
3	Charge transfer test	6.4
4	Operating duty test	6.5
5	Short circuit test	6.6
6	Internal partial discharge test	6.7
7	Bending moment test	6.8
8	Seal leak rate test	6.9
9	Environmental tests a) Weather ageing test for polymer-housed surge arresters b) Accelerated weathering test for polymer housed surge arresters and cast resin housed surge arresters c) Temperature cycling test and salt-mist test for porcelain and cast resin-housed arresters	6.10 6.10.1 6.10.2 6.10.3
10	Shock and vibration test (if applicable)	6.11

Where a test shall be performed at several samples, the required number of samples and their conditions are specified in the individual clauses. Arresters which differ only in methods of mounting or arrangement of the supporting structure and which are otherwise based on the same components and similar construction resulting in the same performance characteristics including their heat dissipation conditions and internal atmosphere, shall be considered to be of the same design.

The housing is the external insulating part of an arrester, which provides the necessary creepage distance and protects the internal parts from the environment. The housing may consist of several parts providing mechanical strength and protection against the environment.

A direct lightning impulse test according to Annex B may be performed optionally.

6.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

6.2.1 General

These tests demonstrate the voltage withstand capability of the external insulation of the arrester housing.

The tests shall be performed in the conditions and with the test voltages specified in IEC 60060-1:2010.

The outside surface of insulating parts shall be carefully cleaned.

The internal parts shall be removed or rendered inoperative to permit these tests. The internal parts may be replaced by an equivalent grading arrangement to provide similar voltage distribution along the arrester axis.

In design cases where the external insulation is moulded directly onto the metal-oxide resistors or some insulating material substrate, these tests may be performed with the housing moulded on a suitable insulating substrate.

The applicable tests shall be run on the longest arrester housing. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit housing having the highest specific voltage stress.

6.2.2 Ambient air conditions during tests

The voltage to be applied during a withstand test is determined by multiplying the specified withstand voltage by the correction factor taking into account density and humidity (see IEC 60060-1:2010).

Humidity correction shall not be applied for wet tests.

6.2.3 Wet test procedure

The external insulation of outdoor arresters shall be subjected to wet withstand tests under the test procedure given in IEC 60060-1:2010.

6.2.4 Lightning impulse voltage test

The arrester shall be subjected to a standard lightning impulse voltage dry test according to IEC 60060-1:2010.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester shall be considered to have passed the test if no internal disruptive discharges occur and if the number of the external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses. The test voltage shall be equal to the lightning impulse protection level of the arrester multiplied by 1,47.

If the dry arcing distance is greater than the test voltage divided by 500 kV/m, this test is not required.

6.2.5 DC voltage withstand test

The housings of arresters for outdoor use shall be tested in wet conditions, and housings of arresters for indoor use, in dry conditions.

Housings shall withstand a DC voltage equal to the lightning impulse protection for a duration of 1 min.

6.3 Residual voltage tests

6.3.1 General

The purpose of the residual voltage type test is to obtain the data necessary to derive the maximum residual voltage as explained in 3.27. It includes the calculation of the ratio between voltages at specified impulse currents and the voltage level checked in routine tests. The latter voltage can be either the reference voltage or the residual voltage at a suitable lightning impulse current in the range 0,1 to 2 times the nominal discharge current depending on the manufacturer's choice of routine test procedure.

The maximum residual voltage at a lightning impulse current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data. Maximum residual voltages of the design for all specified currents and wave-shapes are obtained by multiplying the measured residual voltages of the test sample by the ratio of the declared maximum residual voltage at the routine test current to the measured residual voltage for the sample at the same current.

All residual voltage tests shall be made on the same three samples of complete arresters or metal-oxide resistors. The time between discharges shall be sufficient to permit the samples to return to approximately ambient temperature. For multi-column arresters the test may be

performed on only one column; the residual voltages are then measured for currents obtained from the total currents in the complete arrester divided by the number of columns, considering current sharing requirements.

6.3.2 Steep current impulse residual voltage test

One steep current impulse with a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester $\pm 5\%$ and a virtual front time between $0,9\ \mu\text{s}$ to $1,1\ \mu\text{s}$ shall be applied to each of the three samples. Time to half value on the tail is not critical and may have any tolerance. The peak value and the impulse shape of the voltage appearing across the three samples shall be recorded and, if necessary, corrected for inductive effects of the voltage measuring circuit as well as the geometry of the test sample and the test circuit.

The following procedure shall be used to determine if an inductive correction is required. A steep current impulse as described above shall be applied to a metal block having the same dimensions as the metal-oxide resistor samples being tested. The peak value and the shape of the voltage appearing across the metal block shall be recorded. If the peak voltage on the metal block is less than 2% of the peak voltage of the metal-oxide resistor samples, no inductive correction to the metal-oxide resistor measurements is required. If the peak voltage on the metal block is between 2% and 20% of the peak voltage on the metal-oxide resistor sample, then the impulse shape of the metal block voltage shall be subtracted from the impulse shape of each of the metal-oxide resistor voltages and the peak values of the resulting impulse shapes shall be recorded as the corrected metal-oxide resistor voltages. If the peak voltage on the metal block is greater than 20% of the peak voltage on the metal-oxide resistor samples, then the test circuit and the voltage measuring circuit shall be improved.

The steep current impulse residual voltage of the arrester is the sample impulse voltage (corrected if necessary) with highest peak value multiplied by the scale factor.

A possible way to achieve identical current wave shapes during all measurements is to perform them with both the test sample and the metal block in series in the test circuit. Only their positions relative to each other need to be interchanged for measuring the voltage drop on the metal block or on the test sample.

6.3.3 Lightning impulse residual voltage test

The test shall be applied to three samples. Each sample shall be submitted to three lightning current impulses in accordance with 3.23 with peak values of approximately 50% , 100% and 200% of the nominal discharge current of the arrester. Virtual front time shall be within $7\ \mu\text{s}$ to $9\ \mu\text{s}$ while the half-value time may have any tolerance, as it is not critical. The residual voltages are determined in accordance with 3.27. The maximum values of the determined residual voltages shall be drawn in a residual voltage versus discharge current curve. The residual voltage read on such a curve corresponding to the nominal discharge current is defined as the lightning impulse protection level of the arrester.

6.3.4 Switching impulse residual voltage test

One switching current impulse selected from the values of Table 4 shall be applied to each of the three samples with a tolerance of $\pm 5\%$. The highest of these three voltages is defined as the switching impulse residual voltage of the arrester at the respective current.

Table 4 – Peak currents for switching impulse residual voltage test

Switching current impulse I_{sw} A
500
1 000
2 000

6.4 Charge transfer test

6.4.1 General

Before the tests the residual voltage and reference voltage of each test sample shall be measured for evaluation purposes.

The charge transfer test shall be made on three new samples of complete arresters or metal-oxide resistors which have not been subjected previously to any test except that specified above for evaluation purposes. The non-linear metal-oxide resistors may be exposed to the open air at a still air temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ during these tests.

Each charge transfer test shall consist of 18 discharge operations divided into six groups of three impulses. Intervals between the discharge operations shall be 50 s to 60 s and intervals between each group of three such that the sample cools to near ambient temperature.

Following the charge transfer test and after the sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage and reference voltage test which were made before the charge transfer test shall be repeated for comparison with the values obtained before the test, and the values shall not have changed by more than 5 %.

Visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover, cracking or other significant damage of the metal-oxide resistors.

6.4.2 Charge transfer test requirements

This test consists in the application of current impulses to the test sample to prove the charge transfer capability Q_t of the surge arrester. The test parameters are given in Table 5.

Table 5 – Parameters for the charge transfer test

Class	Charge transfer capability Q_t As	Virtual duration of peak of current impulse T_d ms
DC-A	1,0	1,0 to 2,5
DC-B	2,5	2,0 to 3,5
DC-C	7,5	2,5 to 5,0

Longer virtual duration of peak of current impulse may be selected after agreement between manufacturer and user.

The test shall be carried out with any test generator for long duration rectangular current impulses fulfilling the following requirements:

- the virtual duration of the peak (T_d) of the current impulse shall be between 1 ms and 5 ms (see Figure 1);
- the virtual total duration (T_t) of the current impulse shall not exceed 150 % of the virtual duration of the peak (see Figure 1).

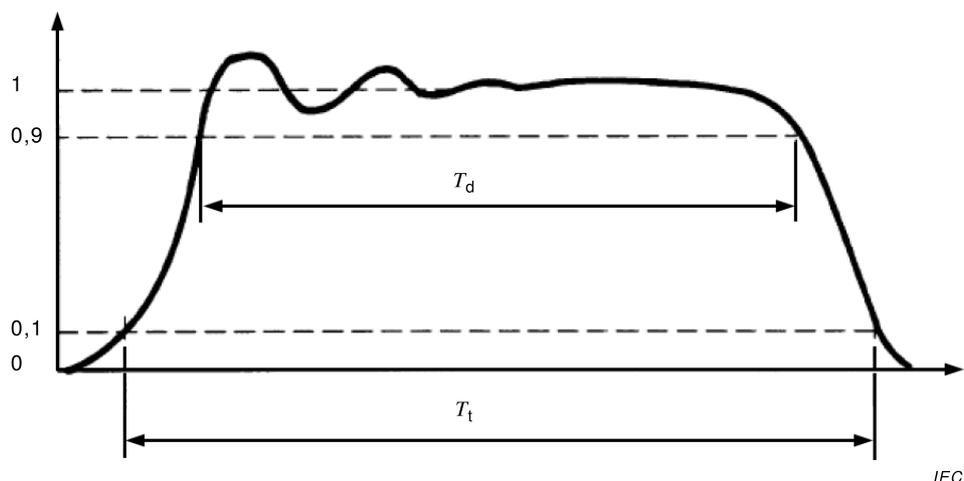


Figure 1 – Impulse current – Rectangular

The charge on each tested sample shall lie between 90 % and 110 % of the specified value for the first impulse and between 100 % and 110 % of this value for the following impulses.

Records of the applied voltage and current waveforms of the first and the last impulse applied shall be supplied on the same time base for each sample. The peak value of the current, the charge and the energy shall be provided for each impulse.

6.5 Operating duty tests

6.5.1 General

In these tests service conditions are simulated by the application to the arrester of a stipulated number of specified impulses in combination with energisation by a power supply of specified DC voltage. The voltage shall be measured with an accuracy of $\pm 1\%$. During the operating duty tests, the DC voltage shall not deviate from the specified values by more than $\pm 1\%$.

The main requirement to pass these tests is that the arrester is able to cool down during the DC voltage application, i.e. thermal runaway does not occur.

Thermal runaway of an arrester is the situation when the sustained power loss of an arrester exceeds the thermal dissipation capability of the housing and connections, leading to a cumulative increase in the temperature of the metal-oxide resistor elements culminating in failure.

An arrester is thermally stable if, after an operating duty causing temperature rise, the temperature of the metal-oxide resistor elements decreases with time when the arrester is energized at specified continuous operating voltage and at specified ambient conditions.

The test sequence comprises:

- initial measurements,
- conditioning,
- application of impulses,
- final measurements and examination.

This sequence is given in Table 7.

The test shall be made on three samples of complete arresters at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

The critical arrester parameter for successfully passing the operating duty test is the metal-oxide resistor power loss. The operating duty test shall, therefore, be carried out on new metal-oxide resistors at elevated test voltage U_c^* that gives the same power losses as the continuous operating voltage with aged metal-oxide resistors. These elevated test voltage shall be determined from the accelerated ageing procedure in the way described in 6.5.2.

The DC test voltage to be applied to the test arresters shall be the continuous operating voltage (see 3.12). This voltage is modified according to 6.5.2 to establish the elevated test voltage U_c^* .

NOTE The established preheat temperature of $60\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ specified in Table 7 is a weighted average that covers the influence of ambient temperature and solar radiation.

6.5.2 Accelerated ageing procedure

6.5.2.1 General

This test procedure is designed to determine the voltage value U_c^* used in the operating duty test (see Figure 2) which will allow this test to be carried out on new metal-oxide resistors. A DC test voltage shall be applied.

NOTE This test does not consider polarity change during service.

6.5.2.2 Test procedure

Three metal-oxide resistor samples shall be stressed at the continuous operating voltage U_c of the sample for 1 000 h, during which the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the metal oxide resistor at $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$.

All material (solid or liquid) in direct contact with the metal-oxide resistors shall be present during the ageing test with the same design as used in the complete arrester.

During this accelerated ageing, the metal-oxide resistor shall be in the surrounding medium used in the arrester. In this case, the procedure shall be carried out on single metal-oxide resistors in a closed chamber where the volume of the chamber is at least twice the volume of the metal-oxide resistor and where the density of the medium in the chamber shall not be less than the density of the medium in the arrester.

6.5.2.3 Determination of elevated continuous operating voltages

The three test samples shall be heated to $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ and the metal-oxide resistor power losses P_{1ct} shall be measured at a voltage of U_c 1 h to 2 h after the voltage application. The metal-oxide resistor power losses shall be measured once in every 100 h time span after the first measurement giving P_{1ct} . Finally, the metal-oxide resistor power losses P_{2ct} shall be measured after 1 000 h to 1 100 h of ageing under the same conditions. Accidental intermediate de-energizing of the test samples, not exceeding a total duration of 24 h during the test period is permissible. The interruption will not be counted in the duration of the test. The final measurement shall be performed after not less than 100 h of continuous energizing. Within the temperature range allowed, all measurements shall be made at the same temperature $\pm 1\text{ K}$.

The minimum power losses value among those measured at least every 100 h time span shall be called P_{3ct} . This is summarized in Figure 2.

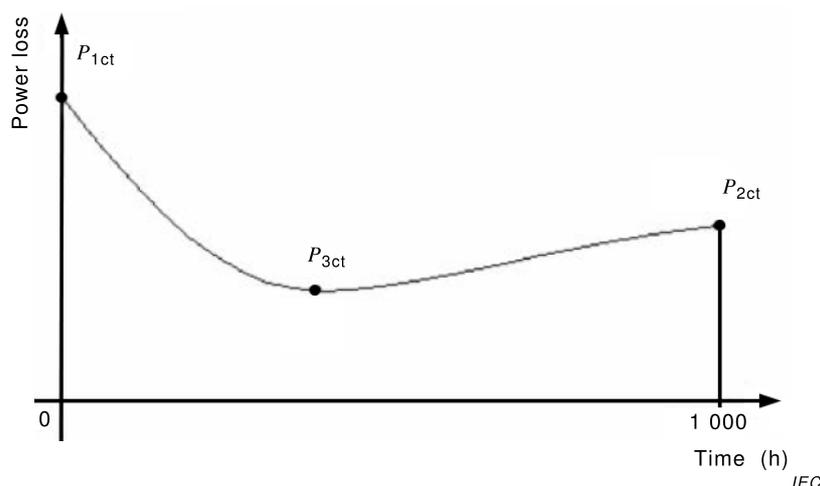


Figure 2 – Power losses of the metal-oxide resistor at elevated temperatures versus time

If P_{2ct} is equal to, or less than, 110 % P_{3ct} , then the test according to 6.5.3 shall be performed on new metal oxide resistors:

- if P_{2ct} is equal to, or less than, P_{1ct} , U_c is used without any modification;
- if P_{2ct} is greater than P_{1ct} , the ratio P_{2ct}/P_{1ct} is determined for each sample. The highest of these three ratios is called K_{ct} . On three new metal-oxide resistors at ambient temperature, the power losses P_{1ct} are measured at U_c . Thereafter, the voltage is increased so that the corresponding power losses P_{2ct} fulfil the relation:

$$P_{2ct}/P_{1ct} = K_{ct}$$

U_c^* is the highest of the three increased voltages obtained ($K_{ct} U_c$). As an alternative, aged metal-oxide resistors may also be used after agreement between the user and the manufacturer.

If P_{2ct} is greater than 110 % P_{3ct} , and

- P_{2ct} is lower than P_{1ct} then aged metal-oxide resistors shall be used for the following tests of 6.5.3. U_c is used without modification;
- P_{2ct} is greater than or equal to P_{1ct} then aged metal-oxide resistors shall be used for the following tests of 6.5.3. New metal-oxide resistors with corrected value U_c^* can be used, but only after agreement between the user and the manufacturer.

Metal-oxide resistors subjected to the above test during more than 1 000 h are considered as aged. Table 6 summarizes these cases.

Table 6 – Determination of elevated continuous operating voltage

Power losses measured	Test samples for the operating duty test	Test voltage for the operating duty test
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	New samples	U_c
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} > P_{1ct}$	New samples	U_c^*
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} < P_{1ct}$	Aged samples	U_c
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Aged samples	U_c
	New samples (alternatively after agreement between manufacturer and purchaser)	U_c^*

Where aged metal-oxide resistors are used in the operating duty test, the time delay between the ageing test and the operating duty test should be not more than 24 h.

The measuring time shall be short enough to avoid increased power loss due to heating.

6.5.3 Operating duty test

6.5.3.1 Test sequence

The complete test sequence is given in Table 7.

Table 7 – Test procedure of operating duty test

No.	Step		Operation
1	Initial measurement		Residual voltage measurement at nominal discharge current and reference voltage measurement
			Time interval not specified
2	Conditioning (see 6.5.3.2)	Part I	4 groups of 5 impulses at I_n 8/20 μ s
		Time interval not specified at ambient temperature	
		Part II	High current impulse 4/10 μ s Cooling to ambient temperature High current impulse 4/10 μ s
3	Operating duty test		Preheat to 60 °C \pm 3 K
			One impulse of the charge transfer test (see 6.4.2)
			50 s to 60 s
			One impulse of the charge transfer test (see 6.4.2)
			As short as possible, no longer than 100 ms
			Elevated continuous operating voltage, 30 min (see 6.5.2.3)
			Cooling to ambient temperature
4	Final measurement and examination		Residual voltage measurement at nominal discharge current and reference voltage measurement
			Visual examination of test sample
In case of limited generator performance it is allowed to apply the total charge transfer of two operations with 3 operations carried out within 2 min. This is acceptable because the operating duty test demonstrates the thermal stability of the surge arrester after energy absorption.			

Before the operating duty test the reference voltage and residual voltage at nominal discharge current of each of the three test samples shall be determined at ambient temperature (see 6.3.3).

The test samples shall be suitably marked to ensure the application of the correct polarity in the following subclauses.

6.5.3.2 Conditioning

The samples are exposed to a conditioning test. The first part of test consists of 20 current impulses according to 6.5.3.1 and a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The 20 impulses are applied in 4 groups of 5 impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be such that the samples cool down to near ambient temperature.

The second part of the conditioning is the application of two 4/10 μ s high current impulses I_{hc} with peak values selected from Table 8. The measured peak value of the current impulses shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

The conditioning shall be carried out on the test samples in open air at a still air temperature of 20 °C \pm 15 K.

Table 8 – Values for high current impulses

Peak value I_{hc} kA
65
100
200

After this conditioning the test samples shall be stored for future use in the operating duty test.

6.5.3.3 Application of impulses

After conditioning, the arrester shall be heated up to 60 °C \pm 3 K. The test shall be carried out at the ambient temperature of 20 °C \pm 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value may be used for the test if agreed between manufacturer and purchaser.

The arrester shall be subjected to two charge transfer operations with rated charge Q_t as specified in Table 5 for the relevant arrester class. The time interval between the impulses shall be 50 s to 60 s.

After the second charge transfer operation, the arrester shall be disconnected from the impulse generator and connected to the DC source as soon as possible but not later than 100 ms after the impulse. The elevated continuous operating voltage U_c^* , determined from the accelerated ageing procedure described in 6.5.2, shall be applied for a time period of 30 min to prove thermal stability or thermal runaway.

To reproduce actual system conditions the second charge transfer operation shall be applied while the sample is energized at U_c^* . The 100 ms limit is permitted in view of practical limitation in the test circuit.

Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made of all charge transfer operations. The charge and energy dissipated by the test sample during the operation shall be determined from the voltage and current oscillograms and charge and energy values shall be recorded in the type test report.

Metal-oxide resistor temperature or DC current or power loss shall be monitored during the DC voltage application to prove thermal stability or thermal run-away.

Following the complete test sequence, and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the reference voltage and residual voltage at nominal discharge current of each of the three arresters is determined at ambient temperature.

6.5.3.4 Evaluation of thermal stability in the operating duty tests

The samples subjected to the operating duty tests are considered to be thermally stable if the DC current or power loss or metal-oxide resistor temperature steadily decreases during the last 15 min of U_c voltage application in the procedure shown in Table 7.

The DC current is strongly influenced by the stability of the applied voltage and also by the change in ambient temperature. Because of this, the judgement whether the arrester is thermally stable or not may in some cases not be clear at the end of the U_c^* voltage application. If that is the case, the time of the U_c^* voltage application shall be extended until the steady decrease in the current or power loss or temperature is clearly confirmed. If an increasing trend of current or power dissipation or temperature is not observed within 3 h of voltage application the sample is considered stable.

6.5.3.5 Conditions for a successful test

The arrester has passed the test if all the following conditions are met:

- the thermal stability is achieved;
- the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %;
- the change in reference voltage measured before and after the test is not more than 10 %;
- visual examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

6.6 Short-circuit tests

6.6.1 General

The tests shall be performed in order to show that an arrester failure does not result in a violent shattering of the arrester housing, and that self-extinguishing of open flames (if any) occurs within a defined period of time. Each arrester type is tested with different values of short-circuit currents. If the arrester is equipped with some other arrangement as a substitute for a conventional pressure relief device, this arrangement shall be included in the test.

With respect to the short-circuit current performance, it is important to distinguish between two designs of surge arresters.

- “Design A” arresters have a design in which a gas channel runs along the entire length of the arrester unit.
- “Design B” arresters are of a design with no enclosed volume of gas.

NOTE Typically, “Design A” arresters are porcelain-housed arresters, or polymer-housed arresters with a composite hollow insulator which are equipped either with pressure-relief devices, or with prefabricated weak spots in the composite housing which burst or flip open at a specified pressure, thereby decreasing the internal pressure.

Typically, “Design B” arresters do not have any pressure relief device and are of a solid type with no enclosed volume of gas. If the metal-oxide resistors fail electrically, an arc is established within the arrester. This arc causes heavy evaporation and possibly burning of the housing and/or internal material. These arresters’ short-circuit

performance is determined by their ability to control the cracking or tearing-open of the housing due to the arc effects, thereby avoiding violent shattering.

6.6.2 Preparation of the test samples

6.6.2.1 General

Depending on the type of arrester and test voltage, different requirements apply with regard to the number of test samples and initiation of short-circuit current.

The tests shall be carried out on complete arresters for the highest voltage rating.

6.6.2.2 “Design A” arresters

The samples shall be prepared with means for conducting the required short-circuit current using a fuse wire. The fuse wire shall be in direct contact with the metal-oxide resistors and be positioned within, or as close as possible to, the gas channel and shall short-circuit the entire internal active part. The actual location of the fuse wire in the test shall be reported in the test report.

No differences with regard to polymer housings or porcelain housings are made in the preparation of the test samples. “Design A” arresters with polymeric sheds which are applied to a primary housing of porcelain or other hollow insulator that is as brittle as ceramic, shall be considered and tested as porcelain-housed arresters.

The fuse wire material and size shall be selected so that, for the high and reduced short circuit current tests, the wire will melt within 2 ms after initiation of the test current. For the low short-circuit current test, there is no limitation on time to melt.

The test samples shall be filled with the surrounding medium (gas) used in the arresters.

6.6.2.3 “Design B” arresters

No special preparation is necessary. Surge arrester without modification shall be used.

The complete arresters shall be electrically pre-failed with a DC or AC overvoltage applied to the terminals of the arresters. No physical modification shall be made to the arresters between pre-failing and the actual short-circuit current test.

The overvoltage for pre-failing shall cause the arrester to fail within $5 \text{ min} \pm 3 \text{ min}$. The metal-oxide resistors are considered to have failed when the voltage across the arrester falls below 10 % of the originally applied voltage. The pre-failing current shall not exceed 30 A.

The time between pre-failure and the rated short-circuit current test shall not exceed 15 min.

The pre-failure shall be achieved by either applying a voltage source or a current source to the sample.

For voltage source method: The initial current should typically be in the range 5 mA/cm^2 to 10 mA/cm^2 . The pre-failing short-circuit current should typically be in between 1 A and 30 A. The voltage source need not to be adjusted after the initial setting, although small adjustments might be necessary in order to fail the metal-oxide resistors in the given time range.

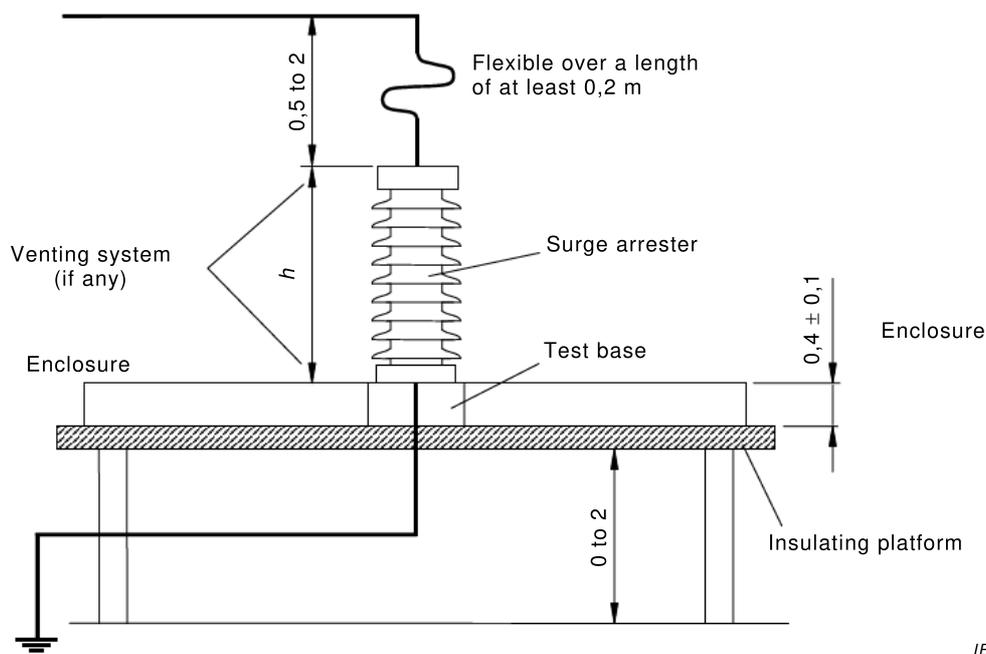
For current source method: Typically a current density of around 15 mA/cm^2 with a variation of $\pm 50 \%$, will result in failure of the metal-oxide resistors in the given time range. The pre-failing short-circuit current should typically be between 10 A and 30 A. The current source needs not be adjusted after the initial setting, although small adjustments might be necessary in order to fail the metal-oxide resistors in the given time range.

6.6.3 Testing of porcelain housed arresters

6.6.3.1 Mounting of the test sample

The mounting arrangement is shown in Figure 3. The distance to the ground from the insulating platform and the conductors shall be as indicated in this figure.

Dimensions in meters



IEC

**Figure 3 – Short-circuit test setup for porcelain-housed arresters
(all leads and venting systems in the same plane)**

The bottom end fitting of the test sample shall be mounted on a test base that is at the same height as a surrounding circular or square enclosure. The test base shall be of insulating material or may be of conducting material if its surface dimensions are smaller than the surface dimensions of the arrester bottom end fitting. The test base and the enclosure shall be placed on top of an insulating platform, as shown in Figure 3. The arcing distance between the top end cap and any other metallic object (floating or grounded), except for the base of the arrester, shall be at least 1,6 times the height of the sample arrester, but not less than 0,9 m. The enclosure shall be made of non-metallic material and be positioned symmetrically with respect to the axis of the test sample. The height of the enclosure shall be 40 cm ± 10 cm, and its diameter (or side, in case of a square enclosure) shall be equal to the greater of 1,8 m or D in formula below. The enclosure shall not be permitted to open or move during the test.

$$D = 1,2 \times (2 \times h + D_{arr})$$

where

h is the height of tested arrester unit;

D_{arr} is the diameter of tested arrester unit.

Test samples shall be mounted vertically unless otherwise agreed between the manufacturer and the user.

The mounting of the arrester during the short-circuit test and, more specifically, the routing of the conductors shall represent the most unfavourable condition in service.

NOTE The routing shown in Figure 3 is the most unfavourable to use during the initial phase of the test before venting occurs (especially in the case of a surge arrester fitted with a pressure relief device). Positioning the sample as shown in Figure 3, with the venting ports facing in the direction of the test source, may cause the external arc to be swept in closer proximity to the arrester housing than otherwise. As a result, a thermal shock effect may cause excessive chipping and shattering of porcelain weather sheds, as compared to the other possible orientations of the venting ports.

6.6.3.2 High current and reduced current short-circuit tests

A total of four samples shall be tested at currents based on the rated short-circuit current and reduced currents according to Table 9. All four samples shall be prepared according to 6.6.2 and mounted according to 6.6.3.1.

The tests shall be carried out with DC currents.

Arresters shall be tested at the rated short-circuit current I_s , the reduced short-circuit current and the low short circuit current according to Table 9. The measured mean value of the test current shall be at least the rated short-circuit current and within the tolerance limits for the reduced and low short-circuit currents.

Tests shall be made in a test circuit, with an open circuit test voltage of 77 % to 107 % of the continuous voltage of the test sample. The measured total duration of test current flowing through the circuit shall be as indicated in Table 9. For surge arresters with pressure relief devices the low short-circuit current shall flow until venting occurs.

Table 9 – Required currents for short-circuit tests of porcelain housed arresters

Short-circuit current	Current ^{a,b} A	Tolerance on current %	Duration s
Rated	40 000	–	0,2
Reduced	25 000	± 20	0,2
Reduced	12 000	± 20	0,2
Low	600	± 33	1,0

^a Other short circuit currents may be selected after agreement between manufacturer and user.

^b If behaviour in a short circuit test using AC current is confirmed or demonstrated to be equivalent to that of a test using DC current, tests may be carried out using AC current instead upon agreement between the user and the manufacturer.

The prospective current shall first be measured by making a test with the arrester short-circuited or replaced by a solid link of negligible impedance.

The duration of such a test may be limited to the minimum time required to measure the current waveform.

The solid shorting link shall be removed after checking the prospective current and the arrester sample(s) shall be tested with the same circuit parameters. The short-circuit current versus time shall be recorded during all short-circuit tests.

6.6.3.3 Low-current short-circuit test

The test shall be made by using any test circuit that will produce a current through the test sample of 600 A ± 200 A, measured at approximately 0,1 s after the start of the short circuit current flow. The current shall flow for at least 1 s after the fuse wire melts or until venting occurs. The sample shall be prepared according to 6.6.2 and mounted according to 6.6.3.1.

Refer to 6.6.5 with regard to handling an arrester that fails to vent.

6.6.4 Testing of polymer housed arresters

6.6.4.1 Mounting of test samples

For a base-mounted arrester, the mounting arrangement is shown in Figure 4. The distance to the ground of the insulating platform and the conductors shall be as indicated in Figure 4.

For non-base-mounted arresters the test sample shall be mounted on hardware typically used for real service installation. For the purpose of the test, the mounting bracket shall be considered as a part of the arrester base. The installation recommendations of the manufacturer shall be considered.

For base-mounted arresters, the bottom end fitting of the test sample shall be mounted on a test base that is at the same height as a surrounding circular or square enclosure. The test base shall be of insulating material or may be of conducting material if its surface dimensions are smaller than the surface dimensions of the arrester bottom end fitting. The test base and the enclosure shall be placed on top of an insulating platform, as shown in Figure 4. For non-base-mounted arresters, the same requirements apply to the bottom of the arrester. The arcing distance between the top end cap and any other metallic object (floating or earthed), except for the base of the arrester, shall be at least 160 % the height of the sample arrester, but not less than 0,9 m. The enclosure shall be made of non-metallic material and be positioned symmetrically with respect to the axis of the test sample. The height of the enclosure shall be $40 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$, and its diameter (or side, in case of a square enclosure) shall be equal to the greater of 1,8 m or D in the formula below. The enclosure shall not be permitted to open or move during the test.

$$D = 1,2 \times (2 \times h + D_{arr})$$

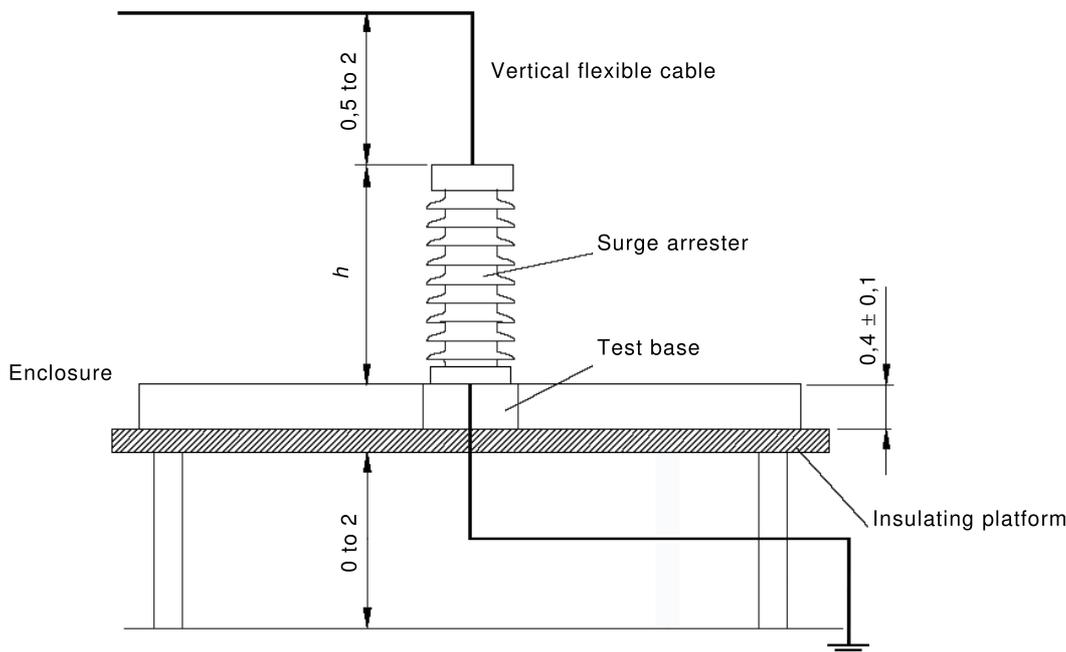
where

h is the height of tested arrester unit;

D_{arr} is the diameter of tested arrester unit.

The arresters shall be mounted according to Figure 4 in the vertical position unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

Dimensions in meters



IEC

Figure 4 – Short circuit test setup for polymer housed arresters (all leads and venting systems in the same plane)

6.6.4.2 High-current, reduced current and low current short-circuit test

The tests shall be carried out with DC currents.

Arresters shall be tested at the rated short-circuit current I_s , the reduced short-circuit current and the low short circuit current according to Table 10. The measured mean value of the test current shall be at least the rated short-circuit current and within the tolerance limits for the reduced and low short-circuit currents.

Table 10 – Required currents for short-circuit tests

Short-circuit current	Current ^{a b} A	Tolerance on current %	Duration s
Rated	40 000	–	0,2
Reduced	25 000	± 20	0,2
Low	600	± 33	1,0

^a Other short circuit currents may be selected after agreement between manufacturer and user.

^b If behaviour in a short circuit test using AC current is confirmed or demonstrated to be equivalent to that of a test using DC current, tests may be carried out using AC current instead upon agreement between the user and the manufacturer.

All arresters shall be prepared according to 6.6.2 and mounted according to 6.6.4.1.

Tests shall be made in a test circuit, with an open circuit test voltage of 77 % to 107 % of the continuous voltage of the test sample. The measured total duration of test current flowing through the circuit shall be as indicated in Table 10. For surge arresters with pressure relief devices the low short-circuit current shall flow until venting occurs.

The prospective current shall first be measured by making a test with the arrester short-circuited or replaced by a solid link of negligible impedance. The duration of such a test may be limited to the minimum time required to measure the peak and current waveform. The solid shorting link shall be removed after checking the prospective current and the arrester sample(s) shall be tested with the same circuit parameters. The short-circuit current versus time shall be recorded during all short-circuit tests.

Pre-failed arresters can build up considerable arc resistance, which limits the current through the arrester. It is therefore recommended to perform the short-circuit tests as soon as possible after the pre-failure, preferably before the test samples have cooled down.

For pre-failed arresters, therefore, it is recommended to ensure that the arrester represents a sufficiently low impedance prior to applying the short-circuit current by reapplying the pre-failing, or similar, circuit for maximum 2 s immediately before applying the short-circuit test current, see Figure 5. It is allowed to increase the short-circuit current of the pre-applied circuit up to 300 A. If so, its maximum duration t_{rpf} , which depends on the current magnitude I_{rpf} , shall not exceed the following value:

$$t_{\text{rpf}} \leq Q_{\text{rpf}} / I_{\text{rpf}}$$

where

t_{rpf} is the re-prefailing time, in s;

Q_{rpf} is the re-prefailing charge = 60 As;

I_{rpf} is the re-prefailing current, in A.

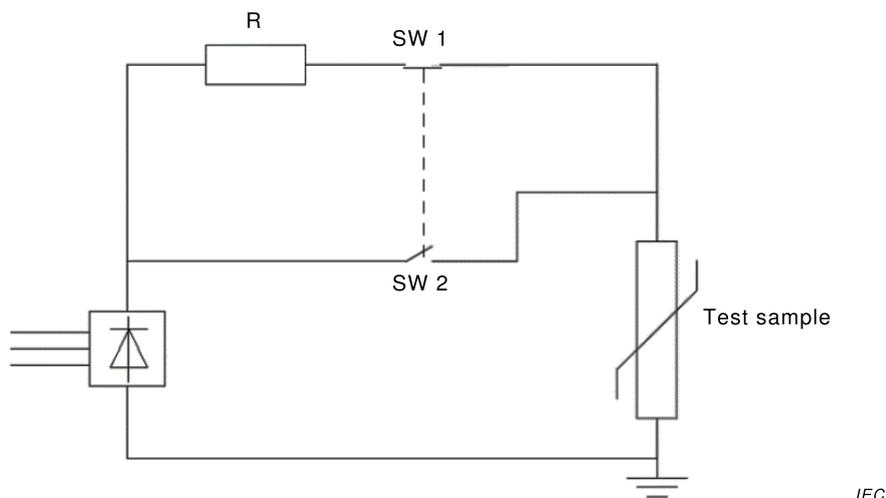


Figure 5 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing immediately before applying the short-circuit test current

6.6.5 Evaluation of test results

The test is considered successful if the following three criteria are met:

- a) no violent shattering. Structural failure of the sample is permitted as long as criteria b) and c) are met;
- b) no parts of the test sample are found outside the enclosure, except for
 - fragments, less than 60 g each, of ceramic material such as metal-oxide or porcelain,
 - pressure relief vent covers and diaphragms,
 - soft parts of polymeric materials;
- c) the arrester is able to self-extinguish open flames within 2 min after the end of the test. Any ejected part (in or out of the enclosure) also self-extinguishes open flames within 2 min.

If the arrester has not visibly vented at the end of the test, caution should be exercised, as the housing may remain pressurised after the test. This applies to all levels of test current, but is of particular relevance to the low current short-circuit tests.

6.7 Internal partial discharge tests

This test shall be carried out at AC voltage. The power frequency voltage (U_{tac} , RMS value) to be applied shall be U_c of the sample divided by $\sqrt{2}$.

The test voltage shall be increased to 125 % of U_{tac} , held for 2 s to 10 s, and then decreased to 105 % of U_{tac} . At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC.

This test shall be performed on one sample of a complete arrester. The test sample may be shielded against external partial discharges.

6.8 Bending moment test

6.8.1 General

The test applies to polymer-housed arresters with and without enclosed gas volume and to porcelain-housed arresters.

The complete test procedure for different arrester designs shall be as stated in the following and illustrated in Figure A.1. For porcelain-housed arresters SLL is specified as 40 % of SSL. For polymer-housed arresters SLL is lower than SSL, see Figure 9.

This test demonstrates the ability of the arrester to withstand the manufacturer's declared values for bending loads. Normally, an arrester is not designed for torsional loading. If an arrester is subjected to torsional loads, a specific test may be necessary by agreement between manufacturer and user. The test shall be performed on complete arresters.

6.8.2 Test on porcelain and cast-resin housed arresters

6.8.2.1 Sample preparation

One end of the sample shall be firmly fixed to a rigid mounting surface of the test equipment, and a load shall be applied to the other (free) end of the sample to produce the required bending moment at the fixed end.

The direction of the load shall pass through and be perpendicular to the longitudinal axis of the arrester. If the arrester is not axi-symmetrical with respect to its bending strength, the manufacturer shall provide information regarding this non-symmetric strength, and the load shall be applied in an angular direction that subjects the weakest part of the arrester to the maximum bending moment.

6.8.2.2 Test procedure to verify the Specified Short-Term Load (SSL)

Three samples shall be tested. Prior to the tests, each test sample shall be subjected to a leakage check (see of 7.1 d) and an internal partial discharge test (see 7.1 c).

On each sample the bending load shall be increased smoothly to SSL, tolerance +5 % / –0 %, within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. The force and deflection shall be measured continuously from the beginning up to the end of the test. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

The residual deflection shall be measured in the interval 1 min to 10 min after the release of the load.

6.8.2.3 Test evaluation

The arrester shall have passed the test if:

- there is no visible mechanical damage,
- the residual deflection is less than or equal to the greater of 3 mm or 10 % of maximum deflection during the test,
- the test samples pass the leakage test in accordance with 6.9,
- the internal partial discharge level of the test samples does not exceed the value specified in 6.7.

6.8.3 Test on polymer-housed arresters with and without enclosed gas volume

6.8.3.1 Sample preparation

A test in two steps shall be performed one after the other on three samples.

Prior to the bending-moment test, each sample shall be subjected to the following electrical tests made in the following sequence:

- power losses measured at U_c and at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$;
- internal partial discharge test according to 6.7;
- residual voltage test at the nominal discharge current;
- leakage tests in accordance with 6.9 for arresters with enclosed gas volume and separate sealing system.

One end of the sample shall be firmly fixed to a rigid mounting surface of the test equipment, and a load shall be applied to the other (free) end of the sample to produce the required bending moment at the fixed end.

The direction of the load shall pass through and be perpendicular to the longitudinal axis of the arrester. If the arrester is not axi-symmetrical with respect to its bending strength, the manufacturer shall provide information regarding this non-symmetric strength, and the load shall be applied in an angular direction that subjects the weakest part of the arrester to the maximum bending moment.

6.8.3.2 Test procedure

6.8.3.2.1 Overview

Tolerance on specified loads shall be +5 % / –0 %. The test is undertaken in two steps:

- Step 1.1: two samples shall be submitted to the short-term load test as described in 6.8.3.2.2;
- Step 1.2: the third sample shall be submitted to the mechanical preconditioning as per 6.8.3.2.3;
- Step 2: all three samples shall be submitted to the water immersion test as per 6.8.3.2.4.

6.8.3.2.2 Short-term load test

Two samples shall be tested at the specified short-term load (SSL). The bending load shall be increased smoothly to a test load equal to SSL within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. The force and deflection shall be measured continuously from the beginning up to the end of the test then the load shall be released smoothly. The residual deflection shall be measured in the interval 1 min to 10 min after the release of the load.

The maximum deflection during the test and any residual deflection shall be recorded.

6.8.3.2.3 Mechanical preconditioning

This step constitutes a part of the test procedure and shall be performed on one of the test samples.

Terminal torque preconditioning shall be achieved by applying the arrester terminal torque as specified by the manufacturer to the test sample for duration of 30 s.

Thermo mechanical preconditioning is achieved by submitting the arrester to the specified continuous load (SLL) in four directions and in thermal variations as described in Figure 6 and Figure 7.

If, in particular applications, other loads are dominant, the relevant loads should be applied instead. The total test time and temperature cycle should remain unchanged.

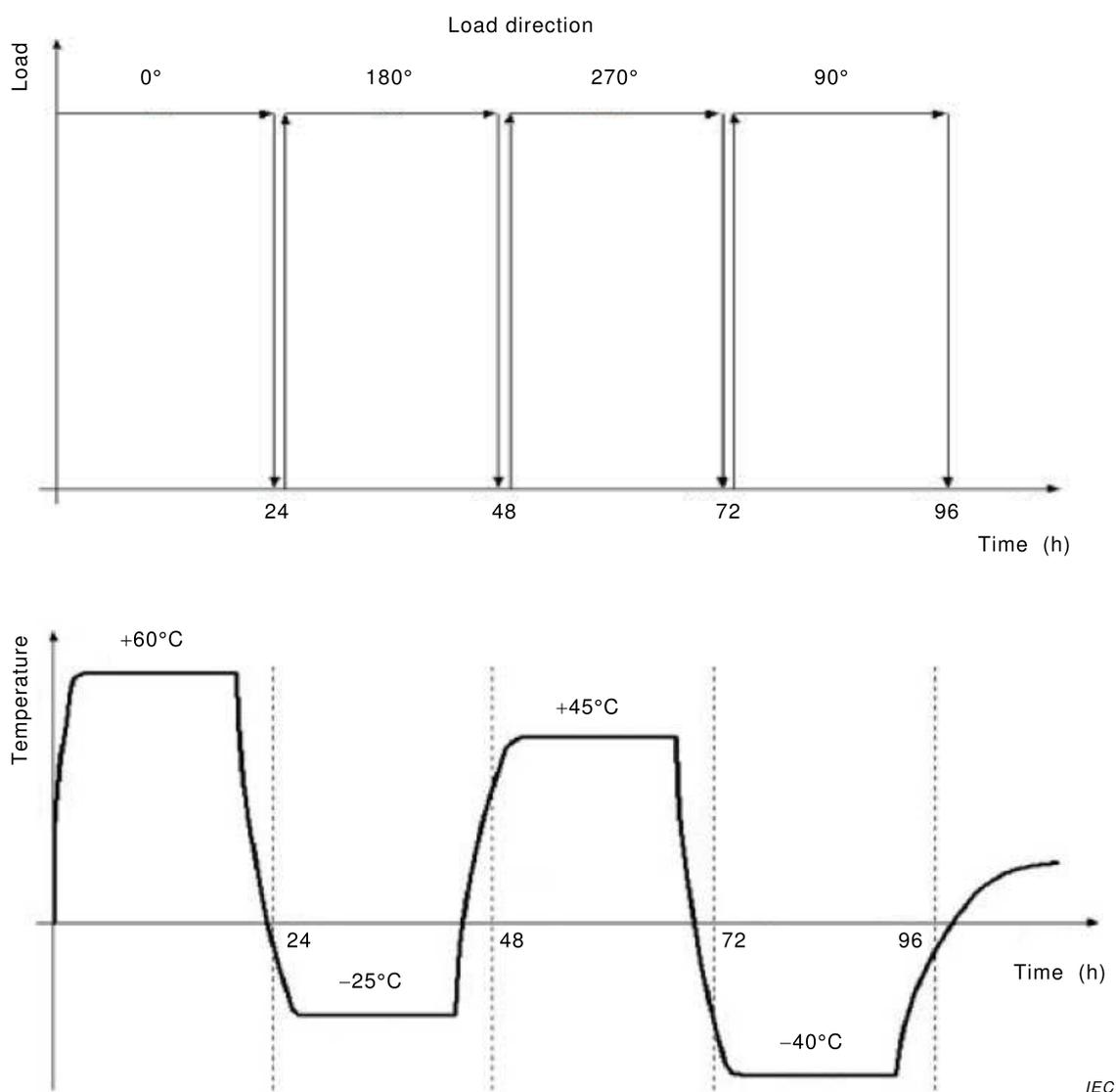


Figure 6 – Thermomechanical preconditioning

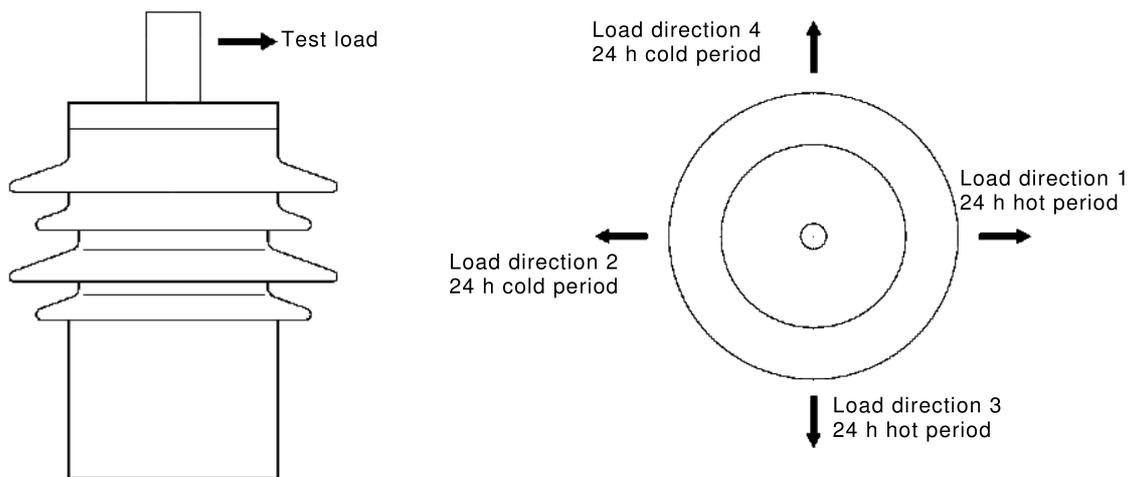
If the sample has no cylindrical symmetry, the load direction shall be chosen in such a manner as to achieve the maximum mechanical stress.

The thermal variations consist of two 48 h cycles of heating and cooling as described in Figure 7. The temperature of the hot and cold periods shall be maintained for at least 16 h. The preconditioning shall be conducted in air.

The applied static mechanical load shall be equal to SLL defined by the manufacturer. Its direction changes every 24 h as defined in Figure 7.

The preconditioning may be interrupted for maintenance for a maximum aggregate duration of 4 h and restarted after interruption. The cycle then remains valid.

Any permanent deformation measured from the initial no-load position shall be reported.



IEC

Figure 7 – Example of the arrangement for the thermo-mechanical preconditioning and directions of the cantilever load

6.8.3.2.4 Water immersion test

The test samples shall be kept immersed in a vessel, in boiling deionised water with 1 kg/m^3 of NaCl, for 42 h. The vessel shall be covered by a lid during boiling to prevent boiling away of water.

NOTE The characteristics of the water described above are those measured at the beginning of the test.

This temperature (boiling water) may be reduced to $(80 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ (with a minimum duration of 52 h) by agreement between the user and the manufacturer, if the manufacturer claims that its sealing material is not able to withstand the boiling temperature for duration of 42 h. This value of 52 h may be expanded up to 168 h (i.e. one week) after agreement between the manufacturer and the user.

At the end of this step, the arrester shall remain in the vessel until the water cools to $(50 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. This holding temperature is important only if it is necessary to delay the verification tests until the end of the water immersion test as shown in Figure 8. The arrester shall be maintained at this temperature until verification tests are performed according to 6.8.3.3. These verification tests shall be performed on samples having cooled to ambient temperature in still air. The cooling time shall be not longer than 2 h in still air at ambient temperature. The verification tests shall thereafter be performed within 8 h.

After removing the sample from the water it may be washed with tap water.

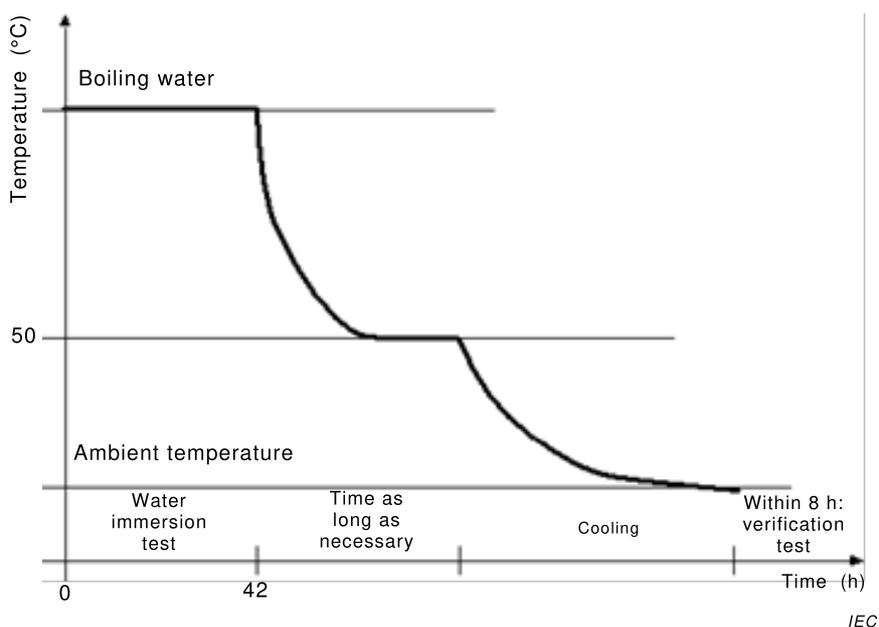


Figure 8 – Water immersion test

6.8.3.3 Test evaluation

After the test, the tests as per 6.8.3.1 shall be repeated.

The arrester has successfully passed the test if the following is demonstrated.

After step 1:

- no visible damage;
- the slope of the force-deflection curve remains positive up to the SSL value except for dips not exceeding 5 % of SSL magnitude. The sampling rate of digital measuring equipment shall be at least 10 sample/s. The cut-off frequency of the measuring equipment shall be not less than 5 Hz.

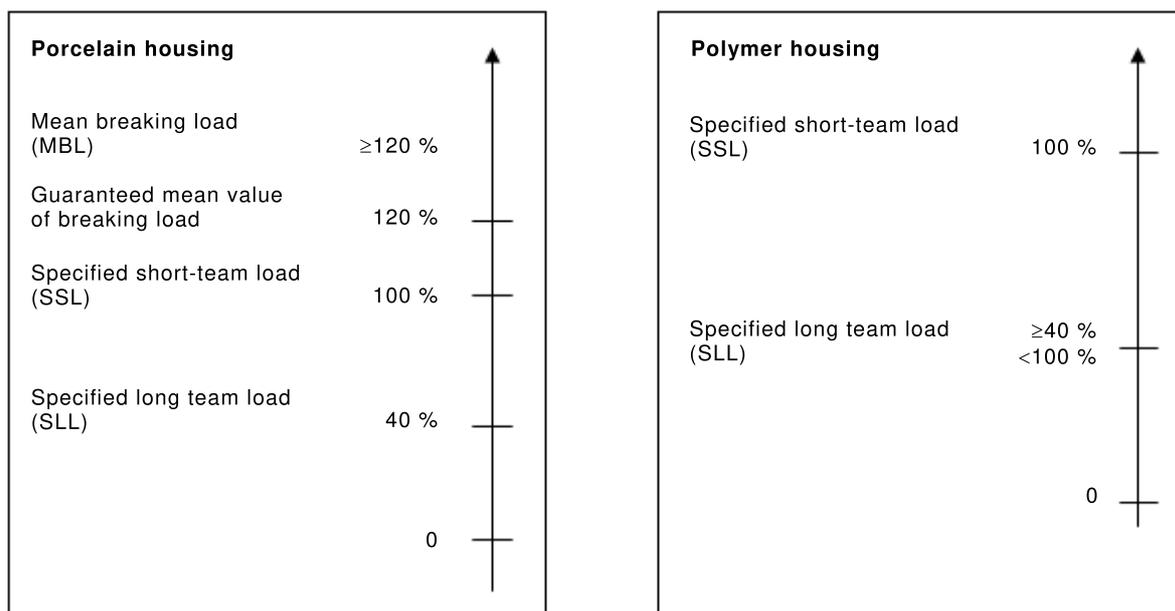
Maximum deflection during step 1 and any residual deflection after the test shall be reported but do not count as pass criteria.

After step 2:

- for arresters with enclosed gas volume and separate sealing system, the samples pass the leakage test in accordance with 6.9;
- the increase in watt losses, measured at U_c and at an ambient temperature that does not deviate by more than 3 K from the initial measurements, is not more than the greater of 20 mW/kV of U_c (measured at U_c) or 20 %;
- the internal partial discharge measured at 105 % U_c does not exceed 10 pC;
- the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %.

6.8.4 Definition of mechanical loads

The definition of mechanical loads is shown in Figure 9.



IEC

Figure 9 – Definition of mechanical loads (base load = SSL)

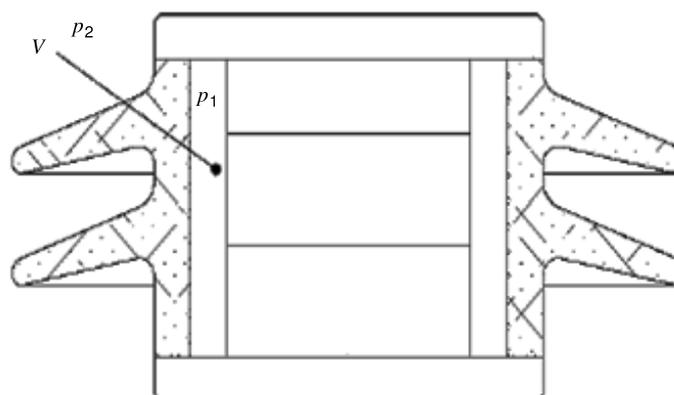
6.9 Seal leak rate test

6.9.1 General

This test demonstrates the gas/water tightness of the complete system. It applies to arresters having seals and associated components essential for maintaining a controlled atmosphere within the housing (e.g. arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system).

The test shall be performed on one complete arrester unit. The internal parts may be omitted. If the arrester contains units with differences in their sealing system, the test shall be performed on one unit each, representing each different sealing system.

6.9.2 Definition of seal leak rate



IEC

Figure 10 – Surge arrester unit

The seal leak rate specifies the quantity of gas per unit of time which passes the seals of the housing at a pressure difference of at least 70 kPa. If the efficiency of the sealing system depends on the direction of the pressure gradient, the worst case shall be considered. See Figure 10.

Seal leak rate $= \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t}$ at $|p_1 - p_2| \geq 70$ kPa and at a temperature of $+20$ °C \pm 15 K,

where:

$$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1);$$

$p_1(t)$ is the internal gas pressure of the arrester housing as a function of time, in Pa;

p_2 is the gas pressure exterior to the arrester, in Pa;

t_1 is the start time of the considered time interval, in s;

t_2 is the end time of the considered time interval, in s;

$$\Delta t = t_2 - t_1;$$

V is the internal gas volume of the arrester, in m³.

6.9.3 Sample preparation

The test sample shall be new and clean.

6.9.4 Test procedure

The manufacturer may use any sensitive method suitable for the measurement of the specified seal leak rate, and other pressure differences with some correction suitable for the arresters.

NOTE Some test procedures are specified in IEC 60068-2-17.

6.9.5 Test evaluation

The maximum seal leak rate (see 6.9.2) shall be lower than:

$$1 \mu W = 1 \times 10^{-6} \text{ Pa m}^3/\text{s}$$

6.10 Environmental tests

6.10.1 Weather ageing test for polymer-housed surge arresters

6.10.1.1 Test procedure

This test shall be performed on surge arresters for outdoor use only. It shall be performed on one surge arrester of highest U_c and minimum specific creepage distance.

The test is a time-limited continuous test under salt fog at constant DC voltage equal to U_c . The test is carried out in a moisture-sealed corrosion-proof chamber. An aperture of not more than 80 cm² shall be provided for the natural evacuation of exhaust air. A turbo sprayer or room humidifier of constant spraying capacity shall be used as a water atomizer.

The fog shall fill up the chamber and not be directly sprayed onto the test specimen. The salt water prepared with NaCl and deionized water will be supplied to the sprayer. The DC test circuit, when loaded with a current of 250 mA on the high-voltage side, shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The protection level shall be set at 1 A. The test specimen shall be cleaned with deionized water before starting the test.

The test specimen shall be tested when mounted vertically. There shall be sufficient clearance between the roof and walls of the chamber and the test specimen in order to avoid electrical field disturbance. These data shall be found in the manufacturer's installation instructions.

- Duration of the test 1 000 h;
- Water flow rate $0,4 \text{ l/h/m}^3 \pm 0,1 \text{ l/h/m}^3$;
- Size of droplets $5 \text{ }\mu\text{m}$ to $10 \text{ }\mu\text{m}$;
- Temperature $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- NaCl content of water between 1 kg/m^3 to 10 kg/m^3 .

The manufacturer shall state the starting value of the salt content of the water. The water flow rate is defined in litres per hour per cubic metre of the test chamber. It is not permitted to re-circulate the water.

Interruptions due to flashovers are permitted. If more than one flashover occurs, the test voltage is interrupted. However, the salt fog application shall continue until the washing of the arrester with tap water is started. Interruptions of salt fog application shall not exceed 15 min. The test shall then be restarted at a lower value of the salt content of the water. If again more than one flashover occurs, this procedure shall be repeated. Interruption times shall not be counted as part of the test duration.

The NaCl content of the water, the number of flashovers and the duration of the interruptions shall be recorded. The number of overcurrent trip-outs should be recorded and taken into account in the evaluation of the duration of the test.

NOTE Within this range of salinity, lower salt content may increase test severity. Higher salt content increases flashover probability, which makes it difficult to run the test on larger diameter housings.

6.10.1.2 Evaluation of the test

The test is regarded as passed, if:

- no tracking occurs (see IEC 61109),
- erosion does not occur through the entire thickness of the external coating up to the next layer of material,
- sheds and housing are not punctured,
- the reference voltage measured before and after the test has not decreased by more than 5 %,
- the partial discharge measurement performed before and after the test is satisfactory, i.e. the partial discharge level does not exceed 10 pC according to 7.1 c).

6.10.2 Accelerated weathering test for polymer housed surge arresters and cast resin housed surge arresters

6.10.2.1 Test procedure

Three specimens of shed and housing materials shall be selected for this test. Where there are markings on the items, they should be included as part of the specimen.

The insulator housing shall be subjected to a 1 000 h UV light test using one of the following test methods.

Markings on the housing, if any, shall be directly exposed to UV light.

- a) xenon-arc methods: ISO 4892-1 and ISO 4892-2 using method A without dark periods:
 - standard spray cycle;
 - black-standard/black panel temperature of $65 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - an irradiance of around 550 W/m^2 .
- b) fluorescent UV Method: ISO 4892-1 and ISO 4892-3, using type I fluorescent UV lamp:

- exposure method 2.

Tests without water shall not be employed.

6.10.2.2 Acceptance criteria

After the test, markings on shed or housing material shall still be legible; surface degradations such as cracks and blisters are not permitted.

In case of doubt concerning such degradation, two surface roughness measurements shall be made on each of the three specimens. The crack depth, R_z as defined in ISO 4287, shall be measured along a sampling length of at least 2,5 mm. R_z shall not exceed 0,1 mm.

NOTE ISO 3274 gives details of surface roughness measurement instruments.

6.10.3 Temperature cycling test and salt mist test for porcelain and cast resin-housed arresters

6.10.3.1 General

These tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the arrester are not impaired by environmental conditions.

The test shall be performed on complete arrester units of any length.

For arresters with an enclosed gas volume and a separate sealing system, the internal parts may be omitted.

Arresters whose units differ only in terms of their lengths, and which are otherwise based on the same design and material, and have the same sealing system in each unit, are considered to be the same type of arrester.

6.10.3.2 Sample preparation

Prior to the tests, a leakage check shall be made by any sensitive method adopted by the manufacturer.

6.10.3.3 Test procedure

The tests specified below shall be performed on one sample in the sequence given.

6.10.3.4 Temperature cycling test

The test shall be performed according to test Nb of IEC 60068-2-14.

The hot period shall be at a temperature of at least +40 °C, but not higher than +70 °C. The cold period shall be at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than –50 °C:

- temperature change gradient: 1 K/min;
- duration of each temperature level: 3 h;
- number of cycles: 10.

6.10.3.5 Salt mist test

The test shall be performed according to Clause 4 and 7.6 of IEC 60068-2-11:1981.

- salt solution concentration: 5 % ± 1 % by weight;
- test duration: 96 h.

6.10.3.6 Test evaluation

After the tests, a leakage check shall be made on each arrester as stated in 6.10.3.2. The arrester shall have passed the tests if the sample passes the leakage check as stated in 6.9.

6.11 Shock and vibration test

The surge arrester installed on board rolling stock shall be able to withstand shock and vibration test as stated in IEC 61373.

7 Routine tests and acceptance tests

7.1 Routine tests

The minimum requirements for routine tests to be made by the manufacturer shall be:

- a) measurement of reference voltage U_{ref} at direct current. The measured values shall be within a range specified by the manufacturer;
- b) residual voltage test. The test may be performed either on complete arresters or several metal-oxide resistor elements. The manufacturer shall specify a suitable lightning impulse current in the range between 1 % and 200 % of the nominal current at which the residual voltage is measured. If not directly measured, the residual voltage of the complete arrester is taken as the sum of the residual voltages of the metal-oxide resistor elements or the individual arrester units. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than the value specified by the manufacturer;
- c) internal partial discharge test as described in 6.7;
- d) for arresters with sealed housings, a leakage check shall be made on each arrester by any sensitive method adopted by the manufacturer;
- e) current distribution test for multi-column arrester. This test shall be carried out on all groups of parallel metal-oxide resistors. The manufacturer shall specify a suitable impulse current in the range 1 % to 100 % of the nominal discharge current at which the current through each column shall be measured. The highest current value shall not be higher than an upper limit specified by the manufacturer. The current impulse shall have a virtual front time of not less than 7 μ s. The half-value time may have any value.

7.2 Acceptance tests

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 arresters to be supplied:

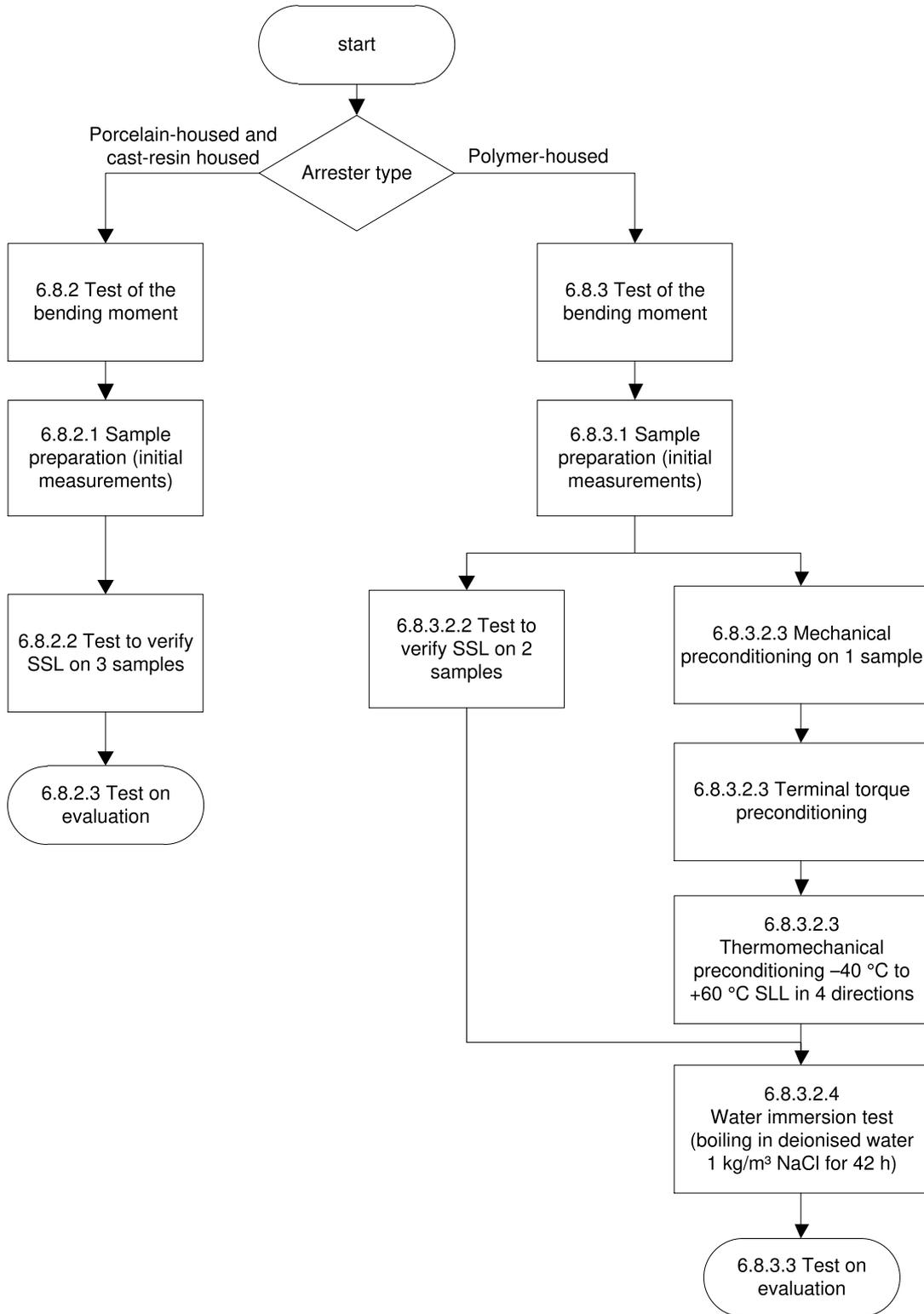
- a) measurement of reference voltage U_{ref} at direct current on the complete arrester. The measured values shall be within a range specified by the manufacturer;
- b) lightning impulse residual voltage on the complete arrester at nominal discharge current if possible or at a current value chosen according to 6.3.3. In this case, the virtual time to half-value on the tail is less important and needs not be complied with. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than a value specified by the manufacturer;
- c) internal partial discharge test as described in 6.7.

Any alteration in the number of test samples or type of test shall be negotiated between the manufacturer and the purchaser.

Annex A (normative)

Flowchart of testing procedure of bending moment

The flowchart of testing procedure of bending moment is shown in Figure A.1.



IEC

Figure A.1 – Flowchart of testing procedure of bending moment

Annex B (informative)

Direct lightning current impulse withstand test

This test is optional and intended to prove the ability of the arrester to withstand direct lightning current.

Before the tests the reference voltage and lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each test sample shall be measured for evaluation purposes.

Each direct lightning current impulse withstand test shall be made on 3 new samples of complete arresters which have not been subjected previously to any test except that specified above for evaluation purposes.

The tests are carried out at ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

The samples shall be energized at the DC voltage U_c during the complete test sequence. The voltage shall not deviate from the specified value by more than $\pm 1\%$. Two consecutive direct lightning impulses with values according to Table B.1 shall be applied. The interval between the direct lightning impulses shall be no more than 60 s. The DC voltage U_c shall remain applied for 30 min after the second direct lightning impulse to check thermal stability. The sample is considered to be thermally stable, if the peak of the leakage current through the test sample, the power dissipation or temperature steadily decreases during the last 15 min of U_c voltage application.

It is acceptable, too, if the sample is only connected to the DC voltage U_c not later than 100 ms after the second direct lightning impulse for the specified 30 min to check thermal stability.

The direct lightning impulse is defined by the charge Q and the peak value of the current impulse I_{imp} . The peak current value I_{imp} of the direct lightning impulse shall be reached within 50 μs and the rated charge Q shall be transferred within 10 ms.

NOTE The 10 ms has been chosen to allow the full charge Q to be deposited when testing using a 10/350 μs generator.

Table B.1 – Parameters for the direct lightning impulse

Class	Rated charge Q As	Direct lightning current I_{imp} kA
DC-A	1,0	2
DC-B	2,5	5
DC-C	7,5	15

Other direct lightning current impulses may be selected after agreement between manufacturer and user.

Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made of all direct lightning discharges. The charge of direct lightning impulse shall not be lower than the rated value and the measured value of I_{imp} shall at least reach 90 % of the specified value. The charge and energy dissipated by the test sample during the operation shall be determined from the voltage and current oscillograms. All of these values shall be reported in the type test report.

Following the complete test sequence, and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the measurement of the reference voltage and lightning impulse residual voltage

at nominal discharge current shall be repeated on each test sample for comparison with the values obtained before the test.

The arrester has passed the test if:

- thermal stability is achieved,
- the change in reference voltage and residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %,
- visual examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non linear metal-oxide resistors.

Bibliography

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60099-4:2009, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for AC systems*

IEC 60099-9:2014, *Surge arresters – Part 9: Metal-oxide surge arresters without gaps for HVDC converter stations*

IEC 60850:2014, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

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 62128-1, *Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 1: Protective provisions against electric shock*

ISO 3274:1996, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

EN 50526-2:2014, *Railway applications – Fixed installations – DC surge arresters and voltage limiting devices – Part 2: Voltage limiting devices*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	51
1 Domaine d'application.....	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Caractéristiques	60
4.1 Marquage	60
4.2 Conditions de service	61
4.2.1 Conditions normales de service.....	61
4.2.2 Conditions anormales de service	61
4.3 Exigences	62
4.3.1 Tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre.....	62
4.3.2 Tension de référence	62
4.3.3 Tensions résiduelles	62
4.3.4 Décharges partielles internes	62
4.3.5 Fuite de l'étanchéité.....	62
4.3.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes.....	63
4.3.7 Transfert de charge.....	63
4.3.8 Fonctionnement en exploitation	63
4.3.9 Comportement aux courants de court-circuit	63
4.3.10 Caractéristiques de protection des parafoudres	63
5 Classification des parafoudres	63
6 Essai de type.....	64
6.1 Généralités	64
6.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	64
6.2.1 Généralités	64
6.2.2 Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais	65
6.2.3 Modalités des essais sous pluie	65
6.2.4 Essai aux chocs de tension de foudre.....	65
6.2.5 Essai de tenue en tension continue	65
6.3 Essais de vérification de la tension résiduelle	66
6.3.1 Généralités	66
6.3.2 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide.....	66
6.3.3 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	67
6.3.4 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre	67
6.4 Essai de transfert de charge.....	67
6.4.1 Généralités	67
6.4.2 Exigences pour l'essai de transfert de charge	68
6.5 Essais de fonctionnement en exploitation	69
6.5.1 Généralités	69
6.5.2 Procédure de vieillissement accéléré.....	69
6.5.3 Essai de fonctionnement en exploitation	71
6.6 Essais de court-circuit.....	74
6.6.1 Généralités	74
6.6.2 Préparation des échantillons d'essai.....	75
6.6.3 Essai sur des parafoudres à enveloppe en porcelaine.....	76

6.6.4	Essai sur des parafoudres à enveloppe synthétique	78
6.6.5	Evaluation des résultats d'essai.....	80
6.7	Essais de décharges partielles internes	81
6.8	Essai en moment de flexion.....	81
6.8.1	Généralités	81
6.8.2	Essai sur des parafoudres à enveloppe en porcelaine et en résine moulée	81
6.8.3	Essai des parafoudres à enveloppe synthétique renfermant un volume de gaz ou non	82
6.8.4	Définition des efforts mécaniques	86
6.9	Essai du taux de fuite.....	87
6.9.1	Généralités	87
6.9.2	Définition du taux de fuite.....	87
6.9.3	Préparation de l'échantillon	88
6.9.4	Procédure d'essai	88
6.9.5	Evaluation de l'essai	88
6.10	Essais d'environnement.....	88
6.10.1	Essai de vieillissement climatique des parafoudres à enveloppe synthétique	88
6.10.2	Essai de vieillissement accéléré des parafoudres à enveloppe synthétique et des parafoudres à enveloppe en résine moulée	89
6.10.3	Essai de cycles de températures et essai au brouillard salin des parafoudres à enveloppe en porcelaine et des parafoudres à enveloppe en résine moulée	90
6.11	Essai de chocs et de vibrations	91
7	Essais individuels de série et essais de réception	91
7.1	Essais individuels de série	91
7.2	Essais de réception.....	92
Annexe A (normative) Organigramme de la procédure d'essai en moment de flexion.....		93
Annexe B (informative) Essai de tenue aux chocs de courant de foudre directs		94
Bibliographie		96
Figure 1 – Courant de choc – Rectangulaire		68
Figure 2 – Consommation d'énergie mesurée dans la résistance à oxyde métallique à températures élevées en fonction du temps.....		70
Figure 3 – Configuration de l'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine (conducteurs et événements tous inclus dans le même plan)		76
Figure 4 – Configuration de l'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe synthétique (conducteurs et événements tous inclus dans le même plan)		79
Figure 5 – Exemple de circuit d'essai pour le renouvellement de la dégradation immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit		80
Figure 6 – Préconditionnement thermomécanique.....		84
Figure 7 – Exemple de configuration pour le préconditionnement thermomécanique et orientation de l'effort de flexion		85
Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau.....		86
Figure 9 – Définition des efforts mécaniques (effort de base = SSL).....		87
Figure 10 – Dispositif de parafoudre.....		87
Figure A.1 – Organigramme de la procédure d'essai en moment de flexion		93

Tableau 1 – Classification des parafoudres	63
Tableau 2 – Courant nominal de décharge	63
Tableau 3 – Essais de type	64
Tableau 4 – Valeurs de crête du courant pour l'essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre	67
Tableau 5 – Paramètres de l'essai de transfert de charge	68
Tableau 6 – Détermination de la tension d'exploitation permanente majorée	71
Tableau 7 – Modalités de l'essai de fonctionnement en exploitation	72
Tableau 8 – Valeurs pour les chocs de courant de grande amplitude	73
Tableau 9 – Courants exigés pour les essais de court-circuit des parafoudres à enveloppe en porcelaine	77
Tableau 10 – Courants exigés pour les essais de court-circuit	79
Tableau B.1 – Paramètres du choc de foudre direct.....	94

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES – PARAFONDRES ET APPAREILS
LIMITEURS DE TENSION POUR RÉSEAUX À COURANT CONTINU –****Partie 1: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur**

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. A 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 62848-1 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente Norme internationale est basée sur l'EN 50526-1:2012 et inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'EN 50526-1:2012:

- a) Conformément à la Résolution 52/33, prise par le comité d'études 9, il convient que la présente Norme internationale s'applique aux installations fixes et au matériel roulant; par conséquent, le titre a été remplacé par "Applications ferroviaires – Parafoudres et appareils limiteurs de tension pour réseaux à courant continu – Partie 1: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur", et le domaine d'application de l'IEC 62848-1 a été modifié de sorte que la présente norme puisse être utilisée dans les deux cas.

- b) Étant donné que le matériel roulant est alimenté avec de nombreuses tensions différentes spécifiées dans l'IEC 60850, les parafoudres limiteront les surtensions dans les réseaux en courant continu spécifiés dans l'IEC 60850, d'une tension nominale allant jusqu'à 3 kV.
- c) Les Normes européennes répertoriées dans l'EN 50526-1:2012 d'origine sont remplacées par leur équivalent en Norme internationale, le cas échéant, comme suit:
- 1) EN 50124-1:2001 → IEC 62497-1:2010;
 - 2) EN 50125-2:2002 → IEC 62498-2:2010;
 - 3) EN 60060-1:2010 → IEC 60060-1:2010;
 - 4) EN 60270:2001 → IEC 60270:2000;
 - 5) EN 61109:2008 → IEC 61109:2008;
 - 6) EN ISO 4287:1998 → ISO 4287:1997;
 - 7) EN ISO 4892-1:2000 → ISO 4892-1:1999;
 - 8) EN ISO 4892-2:2006 → ISO 4892-2:2006;
 - 9) EN ISO 4892-3:2006 → ISO 4892-3:2006.
- d) La présente Norme internationale étant utilisée pour les installations fixes et le matériel roulant, les Normes internationales suivantes relatives au matériel roulant sont ajoutées:
- 1) IEC 62498 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel*;
 - 2) IEC 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2155/FDIS	9/2177/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 62848, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Parafoudres et appareils limiteurs de tension pour réseaux à courant continu*, 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. A cette date, la publication sera

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – PARAFONDRES ET APPAREILS LIMITEURS DE TENSION POUR RÉSEAUX À COURANT CONTINU –

Partie 1: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62848 s'applique aux parafoudres à oxyde métallique non linéaires sans éclateurs pour des installations fixes ou embarquées, conçus pour limiter les surtensions dans les réseaux à courant continu spécifiés dans l'IEC 60850, d'une tension nominale allant jusqu'à 3 kV.

2 Références normatives

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

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

IEC 60068-2-11:1981, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

IEC 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 61109:2008, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage destinés aux systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 62497-1:2010, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62498 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel*

IEC 62498-1:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*

IEC 62498-2:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 2: Installations électriques fixes*

ISO 4287:1997, *Spécification géométrique des produits (GPS) – Etat de surface: Méthode du profil – Termes, définitions et paramètres d'état de surface*

ISO 4892-1:1999, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 1: Guide général*

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

ISO 4892-3:2016, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 3: Lampes fluorescentes UV*

3 Termes et définitions

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

3.1

tension nominale

U_n

tension de désignation du réseau

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.3]

3.2

tension permanente la plus élevée

U_{max1}

valeur maximale de la tension susceptible d'être présente indéfiniment

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.4]

3.3

tension non permanente la plus élevée

U_{max2}

valeur maximale de la tension susceptible d'être présente comme tension non permanente la plus élevée pendant une durée limitée

[SOURCE: IEC 60850:2007, 3.5]

3.4

tension assignée d'isolement

U_{Nm}

valeur de tension de tenue continue assignée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée permanente (au-delà de 5 min) de son isolation

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.4.4, modifié – pour un parafoudre à courant continu, la tension assignée d'isolement correspond à une valeur de tension de tenue continue; les Notes 1 à 4 ont été supprimées]

3.5

tension assignée de tenue aux chocs

U_{Ni}

valeur de tension de tenue aux chocs assignée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.4.7, modifié – la Note a été supprimée.]

3.6**surtension**

tension dont la valeur de crête dépasse la valeur de crête correspondante de la tension non permanente la plus élevée $U_{\max 2}$

3.7**surtension transitoire**

surtension de courte durée ne dépassant pas quelques millisecondes (20 ms maximum) associée à un régime transitoire. Deux surtensions transitoires sont notamment définies: la surtension de manœuvre et la surtension de foudre

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.2, modifié – la Note a été supprimée.]

3.8**surtension de manœuvre**

surtension transitoire apparaissant en un point d'un réseau et engendrée par une manœuvre ou un défaut

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.3]

3.9**surtension de foudre**

surtension transitoire apparaissant en un point d'un réseau et engendrée par une décharge atmosphérique

[SOURCE: IEC 62497-1:2010, 3.5.4]

3.10**parafoudre**

appareil destiné à limiter les surtensions transitoires à un niveau spécifié

3.11**parafoudre à oxyde métallique**

parafoudre à résistances variables à oxyde métallique connectées en série et/ou en parallèle, ne comportant pas d'éclateurs en série ou en parallèle

3.12**tension d'exploitation permanente d'un parafoudre**

U_c

valeur désignée admissible de la tension continue qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.9, modifié – la définition valable pour un parafoudre pour réseau à courant alternatif a été adaptée au cas d'un parafoudre pour réseau à courant continu.]

3.13**tension assignée d'un parafoudre**

U_r

tension par laquelle un parafoudre est désigné

Note 1 à l'article: En raison de la nature particulière de l'installation électrique à courant continu considérée, la tension assignée d'un parafoudre à courant continu correspond à sa tension d'exploitation permanente.

3.14**tension d'exploitation permanente majorée** U_c^*

tension d'essai U_c^* qui, lorsqu'elle est appliquée à une résistance à oxyde métallique neuve, donne la même consommation d'énergie que la tension U_c appliquée à des résistances à oxyde métallique vieilles

3.15**niveau de protection aux chocs de foudre** U_{pl}

tension résiduelle maximale pour le courant nominal de décharge

3.16**niveau de protection aux chocs de manœuvre** U_{ps}

tension résiduelle maximale au courant de choc de manœuvre spécifié

3.17**capacité de transfert de charge** Q_t

nombre maximal de charges par choc pouvant être transférées au cours de l'essai de transfert de charge et de l'essai de fonctionnement en exploitation

3.18**courant de décharge d'un parafoudre**

onde de courant qui circule à travers le parafoudre

3.19**courant nominal de décharge d'un parafoudre** I_n

valeur de crête du choc de courant de foudre utilisé pour désigner un parafoudre

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.30]

3.20**choc de courant de grande amplitude d'un parafoudre**

valeur de crête du courant de décharge de forme d'onde 4/10 μs utilisé pour vérifier la stabilité du parafoudre lors des coups de foudre directs

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.31]

3.21**choc de courant à front raide**

choc de courant dont la durée conventionnelle de front est de 1 μs ; les limites de réglage sont telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 0,9 μs et 1,1 μs . La durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue ne dépasse pas 20 μs

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.16, modifié – la Note a été supprimée.]

3.22**choc de courant de foudre**

choc de courant 8/20; les limites de réglage sont telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 7 μs et 9 μs pour la durée conventionnelle de front et entre 18 μs et 22 μs pour la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.17]

3.23**choc de courant de foudre direct**

choc défini par la charge Q et la valeur de crête du choc de courant I_{imp}

3.24**courant de choc de manœuvre d'un parafoudre**

I_{sw}

valeur de crête du courant de décharge dont la durée conventionnelle du front est comprise entre 30 μs et 100 μs , et dont la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue est d'environ deux fois la durée conventionnelle du front

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.32]

3.25**courant de référence d'un parafoudre**

I_{ref}

courant continu défini par le constructeur et utilisé pour déterminer la tension de référence du parafoudre

Note 1 à l'article: Le courant de référence type est compris entre 0,01 mA et 0,5 mA par centimètre carré de surface de disque pour les parafoudres à colonne unique.

3.26**tension de référence d'un parafoudre**

U_{ref}

tension continue qui est appliquée au parafoudre afin d'obtenir le courant de référence

Note 1 à l'article: Dans le cas de caractéristiques U/I asymétriques, la valeur de tension la plus faible des deux doit être utilisée pour déterminer la tension de référence.

[SOURCE: IEC 60099-9:2014, 3.49, modifié – texte adapté, la Note 1 a été adaptée et la Note 2 a été supprimée.]

3.27**tension résiduelle d'un parafoudre**

U_{res}

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

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.36]

3.28**courant de court-circuit assigné d'un parafoudre**

I_s

courant maximal pouvant circuler en cas de défaillance du parafoudre pendant une durée spécifiée

3.29**ailette**

élément isolant saillant de l'enveloppe destiné à en augmenter la ligne de fuite

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.46.2]

3.30**parafoudre à enveloppe en porcelaine**

parafoudre utilisant la porcelaine comme matériau d'enveloppe, avec des fixations et un système d'étanchéité

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.59]

3.31

parafoudre à enveloppe synthétique

parafoudre utilisant des matériaux synthétiques et/ou composites pour l'enveloppe

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.60, modifié – cette définition a été adaptée et la Note a été supprimée.]

3.32

parafoudre à enveloppe en résine moulée

parafoudre utilisant une enveloppe constituée d'une matière organique solide qui se rompt de la même manière qu'une enveloppe en porcelaine sous l'action d'une contrainte mécanique excessive

3.33

moment de flexion

force horizontale appliquée sur l'enveloppe du parafoudre multipliée par la distance verticale entre l'embase (niveau le plus bas de la collerette) de l'enveloppe et le point d'application de la force

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.61]

3.34

effort de torsion

force horizontale appliquée en partie haute de l'enveloppe d'un parafoudre installé en position verticale, qui ne s'applique pas sur son axe longitudinal

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.63, modifié – "chacune des forces horizontales appliquées" remplacé par "force horizontale appliquée" et "s'appliquent" remplacé par "s'applique"]

3.35

effort à la rupture

force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe en porcelaine, qui provoque la rupture mécanique de son enveloppe

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.64]

3.36

effort moyen à la rupture

MBL

moyenne de l'effort à la rupture pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine, déterminée à partir d'essais

Note 1 à l'article: Adapté de l'IEC 60099-4:2009, Article A.2.

Note 2 à l'article: L'abréviation "MBL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Mean Breaking Load".

3.37

effort à long terme spécifié

SLL

force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre qu'il est admis d'appliquer en service de manière continue sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "SLL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Specified Long-term Load".

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.66]

3.38**effort à court terme spécifié****SSL**

force la plus élevée, perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre, qu'il est admis d'appliquer en service pendant de courtes périodes et pendant des événements relativement rares (par exemple des charges dues à des courants de court-circuit et de fortes rafales de vent) sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "SSL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Specified Short-term Load".

[SOURCE: IEC 60099-4: 2009, 3.67]

3.39**résistance non linéaire à oxyde métallique**

partie d'un parafoudre qui, par sa caractéristique non linéaire de la tension en fonction du courant, fonctionne comme une résistance de faible valeur pour les surtensions, limitant ainsi la tension aux bornes du parafoudre, et comme une résistance de valeur élevée à la tension d'exploitation normale à fréquence industrielle

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.2]

3.40**appareil limiteur de pression d'un parafoudre**

dispositif destiné à limiter la pression interne d'un parafoudre et à éviter la rupture brutale de l'enveloppe à la suite du passage prolongé du courant de défaut ou d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.7]

3.41**éléments internes**

éléments résistifs à oxyde métallique avec leurs supports

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.69]

3.42**étanchéité <aux gaz et à l'eau>**

capacité d'un parafoudre à empêcher l'entrée de corps étrangers affectant son comportement électrique et/ou mécanique

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.70]

3.43**décharge disruptive**

phénomène associé à une défaillance de l'isolation sous l'effet de la contrainte électrique, avec chute de la tension et passage d'un courant

Note 1 à l'article: Ce terme s'applique aux perforations électriques de diélectriques solides, liquides et gazeux, et à leurs combinaisons.

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.11, modifié – note 2 supprimée]

3.44**perforation****claquage**

décharge disruptive à travers un solide

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.12]

3.45

contournement

décharge disruptive le long d'une surface solide

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.13]

3.46

choc

onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui, sans oscillations appréciables, croît rapidement jusqu'à une valeur maximale et tombe à zéro, habituellement moins rapidement, avec, éventuellement, de petites ondes de polarité opposée

Note 1 à l'article: Les paramètres qui définissent un choc de tension ou de courant sont la polarité, la valeur de crête, la durée du front et la durée jusqu'à la mi-valeur sur la queue.

[SOURCE: IEC 60099-4:2009, 3.14]

3.47

essai de type

essai de conception

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

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

3.48

essai individuel de série

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

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

3.49

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]

3.50

courant de court-circuit présumé

courant qui circulerait en un point donné d'un circuit si un court-circuit était établi en ce point au moyen d'une connexion d'impédance négligeable

4 Caractéristiques

4.1 Marquage

Les parafoudres doivent être identifiés par les informations minimales ci-dessous qui doivent figurer sur la plaque des caractéristiques assignées (plaque signalétique):

- tension assignée $U_r = U_c$;
- courant nominal de décharge I_n en kA;
- courant de court-circuit assigné I_s en kA;
- nom du constructeur ou marque, type et identification;
- année de fabrication;
- numéro de série;

- classe de parafoudre.

NOTE La tension assignée d'un parafoudre à oxyde métallique à courant continu correspond à la tension d'exploitation permanente appliquée lors de l'essai de fonctionnement en exploitation.

Conditions dans les réseaux à courant alternatif:

Conformément à l'IEC 60099-4:2009, 3.8, la tension assignée d'un parafoudre est définie comme étant la valeur maximale de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre ses bornes pour laquelle le parafoudre est prévu pour fonctionner correctement dans des conditions de surtension de longue durée définies lors de l'essai de fonctionnement en exploitation. La tension assignée est la tension à fréquence industrielle de 10 s, utilisée pour vérifier la stabilité après application des chocs de courant de grande amplitude ou de longue durée lors de l'essai de fonctionnement en exploitation. Une tension U_c est appliquée pendant 30 min immédiatement après l'application de la tension assignée lors de l'essai de fonctionnement en exploitation au cours duquel la stabilité thermique doit être contrôlée. En règle générale, le rapport entre la tension assignée et la tension U_c est égale à 1,25 environ pour les parafoudres présents dans des réseaux à courant alternatif, ce qui correspond à une surtension de longue durée spécifique qui peut se produire lors de pannes dans des réseaux à courant alternatif.

Conditions dans les réseaux à courant continu:

Les tensions d'alimentation des réseaux de traction sont définies conformément à l'IEC 60850. La tension non permanente la plus élevée U_{max2} est définie pour des durées entre 1 s et 5 min. En choisissant le parafoudre de telle sorte que la tension $U_c > U_{max2}$, l'essai de fonctionnement en exploitation spécifié en 6.5 couvre tous les effets de surtension de longue durée dépassant 1 s avec une marge importante. Aucune surtension de longue durée plus élevée, qui pourrait être assignée à une "tension assignée", ne se produit dans les réseaux à courant continu.

4.2 Conditions de service

4.2.1 Conditions normales de service

Les parafoudres conformes à la présente Norme internationale doivent pouvoir fonctionner dans les conditions normales de service suivantes:

- a) température ambiante comprise entre -40 °C et $+40\text{ °C}$;
- b) rayonnement solaire (voir 4.8 de l'IEC 62498-2:2010);
- c) altitude ne dépassant pas 1 400 m (selon la série IEC 62498);
- d) degré de pollution ne dépassant pas PD 1 pour les installations intérieures et PD 4 pour les installations extérieures, conformément à l'IEC 62497-1;
- e) installation située à proximité d'une voie ferrée sur des fondations conçues pour amortir les principaux effets du passage des trains. Néanmoins, des vibrations ou des chocs limités peuvent affecter le matériel, qui doit être capable de fonctionner de manière satisfaisante lorsqu'il est soumis aux accélérations conventionnelles suivantes, appliquées séparément:
 - accélération verticale (g_v): 5 m/s^2 ;
 - accélération horizontale (g_h): 5 m/s^2 ;
- f) les parafoudres pour le matériel roulant doivent pouvoir résister aux vibrations et aux chocs définis dans l'IEC 61373 qui surviennent en service;
- g) les parafoudres doivent être conformes aux conditions climatiques (vent) définies en 4.4.1 de l'IEC 62498-2:2010 ou aux conditions de mouvement d'air définies en 4.5 de l'IEC 62498-1:2010.

4.2.2 Conditions anormales de service

Les conditions anormales de service suivantes constituent des cas caractéristiques qui peuvent exiger une étude spéciale pour la fabrication ou l'utilisation des parafoudres et qu'il convient de signaler au constructeur:

- a) température supérieure à $+40\text{ °C}$ ou inférieure à -40 °C ;
- b) utilisation à des altitudes supérieures à 1 400 m;
- c) fumées ou vapeurs pouvant causer la détérioration de la surface isolante ou des supports métalliques;

- d) pollution excessive provoquée par la fumée, des dépôts, les embruns ou d'autres matériaux conducteurs;
- e) exposition excessive au brouillard, à l'humidité, aux gouttes d'eau ou à la vapeur;
- f) lavage du parafoudre sous tension;
- g) mélanges explosifs de poussières, gaz ou fumées;
- h) conditions mécaniques anormales (tremblements de terre, vibrations, charges de glace importantes, contraintes de flexion élevées);
- i) conditions anormales de transport ou de stockage;
- j) sources de chaleur à proximité du parafoudre;
- k) montage non vertical et montage suspendu;
- l) effort de torsion appliqué au parafoudre;
- m) effort de traction appliqué au parafoudre;
- n) utilisation du parafoudre comme support mécanique.

4.3 Exigences

4.3.1 Tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

L'isolation de l'enveloppe du parafoudre doit tenir compte des caractéristiques de protection du parafoudre. Les essais doivent être exécutés conformément à 6.2.

4.3.2 Tension de référence

La mesure de la tension de référence est nécessaire pour choisir un échantillon d'essai convenable lors de l'essai de fonctionnement en exploitation (voir 6.5). La tension de référence des parafoudres à courant continu est mesurée pour un courant de référence spécifique. Ce courant de référence est généralement compris entre 0,05 mA et 1,0 mA par centimètre carré de la surface de disque pour les parafoudres à colonne unique. La tension de référence minimale du parafoudre pour le courant de référence utilisé lors des essais individuels de série doit être spécifiée et publiée par le constructeur.

4.3.3 Tensions résiduelles

La tension résiduelle maximale pour une conception donnée et pour tous les courants et formes d'onde spécifiés doit être calculée à partir du résultat de l'essai de type ainsi que de la valeur de tension résiduelle maximale spécifiée et publiée par le constructeur sous le courant de choc de foudre utilisé lors de l'essai individuel de série. La tension résiduelle maximale d'une conception de parafoudre donnée, pour un courant et une forme d'onde donnés, doit être calculée en multipliant la tension résiduelle des échantillons soumis à un essai de type par un facteur d'échelle spécifique. Ce facteur d'échelle est égal au rapport entre la tension résiduelle maximale annoncée, telle qu'elle a été contrôlée lors de l'essai individuel de série, et la tension résiduelle mesurée sur les échantillons, pour le même courant et la même forme d'onde donnés.

4.3.4 Décharges partielles internes

Le niveau des décharges partielles internes du parafoudre, lorsqu'il est alimenté sous 1,05 fois sa tension d'exploitation permanente, ne doit pas dépasser 10 pC.

4.3.5 Fuite de l'étanchéité

Pour les parafoudres renfermant un volume de gaz et possédant un système d'étanchéité distinct, les taux de fuite doivent être spécifiés comme définis en 6.9.

4.3.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes

Le constructeur doit spécifier le déséquilibre affectant la répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes.

4.3.7 Transfert de charge

Les parafoudres doivent pouvoir supporter l'essai de transfert de charge spécifié en 6.4.

4.3.8 Fonctionnement en exploitation

Les parafoudres doivent pouvoir supporter des contraintes combinées comme il en existe en service; cela est contrôlé lors des essais de fonctionnement en exploitation (voir 6.5).

4.3.9 Comportement aux courants de court-circuit

Les parafoudres doivent pouvoir supporter l'essai de court-circuit spécifié en 6.6. Ils ne doivent pas provoquer de rupture brutale de l'enveloppe en cas de défaillance et doivent être capables d'autoéteindre leurs flammes dans un délai spécifié s'ils prennent feu.

4.3.10 Caractéristiques de protection des parafoudres

Les caractéristiques de protection des parafoudres sont les suivantes:

- tension résiduelle pour les chocs de courant à front raide selon 6.3.2;
- caractéristique de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge pour les chocs de courant de foudre selon 6.3.3;
- tension résiduelle pour les chocs de manœuvre U_{ps} selon 6.3.4.

5 Classification des parafoudres

Les parafoudres sont classés en fonction de leur capacité Q_t selon le Tableau 1.

Tableau 1 – Classification des parafoudres

Classe	Capacité de transfert de charge Q_t As
DC-A	1,0
DC-B	2,5
DC-C	7,5

Les classes DC-A, DC-B et DC-C correspondent à des capacités de transfert de charge élevées. Le choix de la classe appropriée doit être fonction des exigences du réseau.

Le courant nominal de décharge doit être choisi parmi les valeurs du Tableau 2.

Tableau 2 – Courant nominal de décharge

Courant nominal de décharge I_n kA
5
10
20

6 Essai de type

6.1 Généralités

Les essais de type doivent être effectués selon le Tableau 3.

Une fois effectués, il n'est pas nécessaire de répéter ces essais de type à moins que les caractéristiques de fonctionnement ne soient modifiées à la suite de la modification de la conception. Dans ce cas, seuls les essais concernés doivent être répétés.

Tableau 3 – Essais de type

N°	Essais	Paragraphe
1	Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	6.2
2	Essais de vérification de la tension résiduelle	6.3
	a) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide	6.3.2
	b) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	6.3.3
	c) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre	6.3.4
3	Essai de transfert de charge	6.4
4	Essai de fonctionnement en exploitation	6.5
5	Essai de court-circuit	6.6
6	Essai de décharges partielles internes	6.7
7	Essai en moment de flexion	6.8
8	Essai du taux de fuite	6.9
9	Essais d'environnement	6.10
	a) Essai de vieillissement climatique des parafoudres à enveloppe synthétique	6.10.1
	b) Essai de vieillissement accéléré des parafoudres à enveloppe synthétique et des parafoudres à enveloppe en résine moulée	6.10.2
	c) Essai de cycles de températures et essai au brouillard salin des parafoudres à enveloppe en porcelaine et des parafoudres à enveloppe en résine moulée	6.10.3
10	Essai de chocs et de vibrations (si applicable)	6.11

Si un essai doit être exécuté sur plusieurs échantillons, le nombre d'échantillons exigé et leurs caractéristiques sont spécifiés dans chaque article. Les parafoudres qui diffèrent entre eux seulement par des modalités de montage ou par la disposition du support et qui, par ailleurs, sont basés sur les mêmes éléments et une construction semblable, se traduisant par des caractéristiques de fonctionnement identiques (y compris les caractéristiques de dissipation de chaleur et l'atmosphère interne) doivent être considérés comme étant de même conception.

L'enveloppe est l'élément isolant externe d'un parafoudre, qui procure la ligne de fuite nécessaire et protège les éléments internes du parafoudre contre le milieu environnant. L'enveloppe peut être constituée de plusieurs éléments assurant la résistance mécanique et la protection du parafoudre contre le milieu environnant.

Un essai aux chocs de foudre directs peut être effectué suivant l'Annexe B.

6.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

6.2.1 Généralités

Ces essais démontrent la capacité de l'isolation externe de l'enveloppe du parafoudre à supporter la tension.

Les essais doivent être effectués dans les conditions et aux tensions d'essai spécifiées dans IEC 60060-1:2010.

La surface externe des éléments isolants doit être nettoyée avec soin.

Les éléments internes doivent être retirés ou rendus inopérants pour permettre l'exécution de ces essais. Les éléments internes peuvent être remplacés par un montage de répartition équivalent afin d'assurer une répartition homogène de la tension le long de l'axe du parafoudre.

Pour les conceptions dans lesquelles l'isolation externe est directement moulée sur les résistances à oxyde métallique ou un substrat d'isolation quelconque, ces essais peuvent être effectués avec une enveloppe moulée sur un substrat d'isolation approprié.

Les essais applicables doivent être réalisés sur la plus longue enveloppe de parafoudre. Si celle-ci ne représente pas la contrainte de tension spécifique par unité de longueur la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être effectués sur l'enveloppe de l'élément ayant la plus forte contrainte de tension spécifique.

6.2.2 Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais

La tension à appliquer pendant un essai de tenue est calculée en multipliant la tension de tenue spécifiée par le facteur de correction tenant compte de la densité de l'air et de l'humidité (voir l'IEC 60060-1:2010).

La correction due à l'humidité ne doit pas être appliquée pour les essais sous pluie.

6.2.3 Modalités des essais sous pluie

L'isolation externe des parafoudres extérieurs doit être soumise à des essais de tenue sous pluie selon la procédure d'essai décrite dans l'IEC 60060-1:2010.

6.2.4 Essai aux chocs de tension de foudre

Le parafoudre doit être soumis à un essai aux chocs de tension de foudre à sec normal selon la procédure d'essai décrite dans l'IEC 60060-1:2010.

Pour cet essai, il faut appliquer quinze chocs consécutifs à la tension d'essai pour chaque polarité. Le parafoudre doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si aucune décharge disruptive interne n'a lieu et si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de 15 chocs. La tension d'essai doit être égale au niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre multiplié par 1,47.

Si la distance d'arc à sec est supérieure à la tension d'essai divisée par 500 kV/m, cet essai n'est pas exigé.

6.2.5 Essai de tenue en tension continue

Les enveloppes des parafoudres de type extérieur doivent être mises à l'essai sous la pluie, celles des parafoudres de type intérieur à sec.

Les enveloppes doivent supporter pendant 1 min une tension continue égale au niveau de protection aux chocs de foudre.

6.3 Essais de vérification de la tension résiduelle

6.3.1 Généralités

La mesure de la tension résiduelle lors des essais de type a pour but de fournir les éléments nécessaires à la détermination de la tension résiduelle maximale, comme expliqué en 3.27. Cela inclut le calcul du rapport entre les tensions aux courants de choc spécifiés et le niveau de tension contrôlé lors des essais individuels de série. Cette dernière valeur peut être la tension de référence ou la tension résiduelle pour un courant de choc de foudre approprié compris entre 0,1 et 2 fois le courant nominal de décharge (selon les modalités des essais individuels de série choisies par le constructeur).

La tension résiduelle maximale pour le courant de choc de foudre utilisé lors des essais individuels de série doit être spécifiée et publiée par le constructeur. Pour obtenir la tension résiduelle maximale de la conception considérée pour tous les courants et formes d'onde spécifiés, les tensions résiduelles mesurées sur l'échantillon d'essai sont multipliées par le rapport entre la tension résiduelle maximale annoncée au courant de l'essai individuel de série et la tension résiduelle mesurée sur l'échantillon pour le même courant.

Tous les essais de vérification de la tension résiduelle doivent être effectués sur les trois mêmes échantillons de parafoudres complets ou de résistances à oxyde métallique. Le temps séparant les décharges doit être suffisant pour permettre aux échantillons de revenir à une température approximativement égale à la température ambiante. Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, l'essai peut être effectué sur une seule colonne; les tensions résiduelles sont alors mesurées pour des courants égaux aux courants du parafoudre complet divisés par le nombre de colonnes, compte tenu des exigences de répartition du courant.

6.3.2 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide

Un choc de courant à front raide avec une valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre $\pm 5\%$ et une durée conventionnelle de front comprise entre 0,9 μs et 1,1 μs doit être appliqué à chacun des trois échantillons. La durée jusqu'à mi-valeur sur la queue n'est pas un paramètre critique et peut présenter une tolérance dont la valeur n'est pas imposée. La valeur de crête et la forme d'onde de la tension apparaissant aux bornes des trois échantillons doivent être enregistrées et, si nécessaire, corrigées en fonction des effets inductifs du circuit de mesure de la tension et de la géométrie de l'échantillon et du circuit d'essai.

La procédure suivante doit être utilisée pour déterminer si une correction des effets inductifs est exigée. Un choc de courant à front raide comme décrit ci-dessus doit être appliqué à un bloc de métal de même dimension que les échantillons de résistances à oxyde métallique qui sont en cours d'essai. La valeur de crête et la forme d'onde de la tension apparaissant aux bornes du bloc de métal doivent être enregistrées. Si la tension de crête sur le bloc de métal est inférieure à 2 % de la tension de crête mesurée sur les échantillons de résistances à oxyde métallique, aucune correction des effets inductifs de la tension mesurée sur les résistances à oxyde métallique n'est exigée. Si la tension de crête sur le bloc de métal est comprise entre 2 % et 20 % de la tension crête mesurée sur les échantillons de résistances à oxyde métallique, alors la forme d'onde de la tension aux bornes du bloc de métal doit être soustraite de la forme d'onde des tensions mesurées sur chacune des résistances à oxyde métallique, et les valeurs de crête des ondes ainsi obtenues doivent être enregistrées comme tensions corrigées des résistances à oxyde métallique. Si la tension de crête sur le bloc de métal est supérieure à 20 % de la tension de crête mesurée sur les échantillons de résistances à oxyde métallique, alors le circuit d'essai et le circuit de mesure de la tension doivent être améliorés.

La tension résiduelle aux chocs de courant à front raide du parafoudre correspond à la tension de choc mesurée aux bornes de l'échantillon (corrigée, si nécessaire) possédant la valeur de crête la plus élevée multipliée par le facteur d'échelle.

Une manière possible de réaliser des formes d'onde de courant identiques lors des mesures est de les appliquer en même temps sur l'échantillon et sur le bloc métallique en série dans le circuit d'essai. Seule leur position relative nécessite d'être inversée pour la mesure de la chute de tension sur l'échantillon d'essai ou sur le bloc de métal.

6.3.3 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre

L'essai doit être effectué sur trois échantillons. Chaque échantillon doit être soumis à trois chocs de courant de foudre selon 3.23 avec des valeurs de crête approximativement égales à 50 %, 100 % et 200 % du courant nominal de décharge du parafoudre. La durée conventionnelle de front doit être comprise entre 7 μ s et 9 μ s tandis que la durée jusqu'à mi-valeur (qui n'est pas critique) peut avoir n'importe quelle tolérance. Les tensions résiduelles sont déterminées selon 3.27. Les valeurs maximales des tensions résiduelles déterminées doivent être reportées sur une courbe donnant la tension résiduelle en fonction du courant de décharge. La tension résiduelle lue sur cette courbe correspondant au courant nominal de décharge est définie comme le niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre.

6.3.4 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un courant de choc de manœuvre d'une valeur choisie dans le Tableau 4 avec une tolérance de ± 5 %. Parmi les trois crêtes de tension, la plus élevée est déterminée et définie comme tension résiduelle aux chocs de manœuvre du parafoudre au courant considéré.

Tableau 4 – Valeurs de crête du courant pour l'essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre

Courant de choc de manœuvre I_{sw} A
500
1 000
2 000

6.4 Essai de transfert de charge

6.4.1 Généralités

Avant les essais, la tension résiduelle et la tension de référence de chaque échantillon d'essai doivent être mesurées à des fins d'évaluation.

L'essai de transfert de charge doit être effectué sur trois échantillons neufs de parafoudres complets ou de résistances à oxyde métallique n'ayant subi aucun essai à l'exception de celui spécifié ci-dessus à des fins d'évaluation. Pendant les essais, les résistances variables à oxyde métallique peuvent être exposées à l'air libre immobile à une température de 20 °C \pm 15 K.

Pour chaque essai de transfert de charge, il faut appliquer 18 décharges réparties en six séries de trois chocs. Les intervalles entre les décharges doivent être compris entre 50 s et 60 s, et les intervalles entre les séries de trois doivent être suffisants pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante.

Une fois l'essai de transfert de charge effectué et l'échantillon refroidi à une température voisine de la température ambiante, les essais de vérification de la tension résiduelle et de la tension de référence qui ont été effectués avant l'essai de transfert de charge doivent être répétés en vue de comparer les valeurs mesurées avec celles obtenues avant l'essai, les valeurs ne devant pas avoir varié de plus de 5 %.

L'examen visuel des échantillons d'essai après l'essai ne doit révéler aucune trace de perforation, aucun contournement, ni aucune fissure ou autre détérioration importante sur les résistances à oxyde métallique.

6.4.2 Exigences pour l'essai de transfert de charge

Cet essai consiste à appliquer des chocs de courant à l'échantillon d'essai pour déterminer la capacité de transfert de charge Q_t du parafoudre. Les paramètres d'essai sont donnés dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Paramètres de l'essai de transfert de charge

Classe	Capacité de transfert de charge Q_t As	Durée conventionnelle de la crête du choc de courant T_d ms
DC-A	1,0	1,0 à 2,5
DC-B	2,5	2,0 à 3,5
DC-C	7,5	2,5 à 5,0

Une durée conventionnelle supérieure de la crête du choc de courant peut être choisie après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'essai doit être effectué avec n'importe quel générateur d'essai pour chocs de courant rectangulaire de longue durée répondant aux exigences suivantes:

- a) la durée conventionnelle de la crête (T_d) du choc de courant doit être comprise entre 1 ms et 5 ms (voir Figure 1);
- b) la durée conventionnelle totale (T_t) du choc de courant ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête (voir Figure 1).

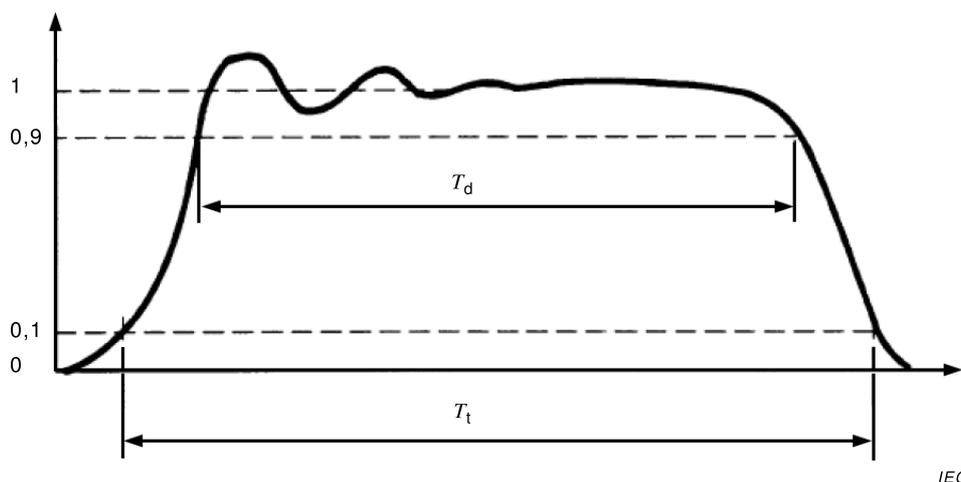


Figure 1 – Courant de choc – Rectangulaire

La charge appliquée à chaque échantillon d'essai doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée pour le premier choc, et entre 100 % et 110 % de cette valeur pour les chocs suivants.

Des enregistrements des formes d'onde de tension et de courant appliquées lors du premier choc et du dernier choc appliqués doivent être fournis selon la même base de temps pour chaque échantillon. La valeur de crête du courant, de la charge et de l'énergie doit être fournie pour chaque choc.

6.5 Essais de fonctionnement en exploitation

6.5.1 Généralités

Dans ces essais, les conditions de service sont reproduites en appliquant au parafoudre un nombre fixé de chocs conjointement ainsi qu'une tension continue spécifiée. La tension doit être mesurée avec une précision de ± 1 %. Lors des essais de fonctionnement en exploitation, la tension continue ne doit pas dévier de plus de ± 1 % des valeurs spécifiées.

L'exigence principale pour que le parafoudre passe avec succès ces essais est qu'il soit capable de se refroidir pendant l'application de la tension continue, c'est-à-dire qu'il ne se produit pas d'emballement thermique.

L'emballement thermique d'un parafoudre désigne la situation où la quantité d'énergie consommée de façon prolongée par un parafoudre dépasse la capacité de dissipation thermique de l'enveloppe et des connexions, conduisant à une augmentation cumulative de la température des varistances à oxyde métallique et se terminant par une défaillance du parafoudre.

Un parafoudre est considéré comme thermiquement stable si, à la suite d'un fonctionnement ayant entraîné un échauffement, la température des varistances à oxyde métallique baisse quand le parafoudre est soumis à la tension d'exploitation permanente spécifiée et aux conditions ambiantes spécifiées.

La séquence d'essai comprend:

- des mesures initiales;
- un conditionnement;
- l'application des chocs;
- des mesures et examens finaux.

Cette séquence est donnée dans le Tableau 7.

L'essai doit être effectué sur trois échantillons de parafoudres complets à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

La consommation d'énergie mesurée dans les résistances à oxyde métallique constitue le paramètre critique pour que le parafoudre passe avec succès l'essai de fonctionnement en exploitation. L'essai de fonctionnement en exploitation doit donc être effectué sur des résistances à oxyde métallique neuves avec des tensions d'essai majorées U_c^* qui donnent la même consommation d'énergie que la tension d'exploitation permanente avec des résistances à oxyde métallique vieilles. Ces tensions d'essai majorées doivent être déterminées à partir de la procédure de vieillissement accéléré décrite en 6.5.2.

La tension continue d'essai à appliquer aux parafoudres soumis à l'essai doit correspondre à la tension d'exploitation permanente (voir 3.12). Cette tension est modifiée selon 6.5.2 pour établir la tension d'essai majorée U_c^* .

NOTE La température de préchauffage de $60\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ spécifiée dans le Tableau 7 est une moyenne pondérée qui tient compte de l'influence de la température ambiante et du rayonnement solaire.

6.5.2 Procédure de vieillissement accéléré

6.5.2.1 Généralités

Cette procédure d'essai permet de déterminer la valeur de tension U_c^* utilisée pour l'essai de fonctionnement en exploitation (voir Figure 2) et permettra d'effectuer ces essais sur des résistances à oxyde métallique neuves. Une tension d'essai continue doit être appliquée.

NOTE Cet essai ne tient pas compte des éventuelles inversions de polarité en service.

6.5.2.2 Procédure d'essai

Trois échantillons de résistances à oxyde métallique doivent être soumis à une tension égale à leur tension d'exploitation permanente U_c pendant 1 000 h où la température doit être contrôlée de façon à maintenir la surface des résistances à une température de $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$.

Tous les matériaux (solides ou liquides) en contact direct avec les résistances à oxyde métallique doivent être présents lors de l'essai de vieillissement, avec une conception identique à celle du parafoudre complet.

Lors de ce vieillissement accéléré, la résistance à oxyde métallique doit se trouver dans le même milieu que celui qui compose le parafoudre. Dans ce cas, la procédure doit être effectuée sur des résistances à oxyde métallique séparées, dans une enceinte close dont le volume est au moins deux fois égal à celui de la résistance à oxyde métallique et dans un milieu dont la densité doit être au moins égale à celle du milieu utilisé dans le parafoudre.

6.5.2.3 Détermination des tensions d'exploitation permanente majorées

Les trois échantillons d'essai doivent être préchauffés à une température de $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ et la consommation d'énergie dans les résistances à oxyde métallique P_{1ct} doit être mesurée à la tension U_c 1 h à 2 h après que la tension ait été appliquée. La consommation d'énergie dans les résistances à oxyde métallique doit être mesurée toutes les 100 h après la première mesure donnant P_{1ct} . Enfin, la consommation d'énergie dans les résistances à oxyde métallique P_{2ct} doit être mesurée après 1 000 h à 1 100 h de vieillissement dans les mêmes conditions. Une mise hors tension intermédiaire accidentelle des échantillons d'essai est acceptable, à condition qu'elle n'excède pas une durée totale de 24 h sur la période d'essai totale. Cette interruption ne sera pas comptabilisée dans la durée de l'essai. La mesure finale doit être effectuée après une application de la tension d'une durée au moins égale à 100 h. Dans la plage des températures admises, toutes les mesures doivent être effectuées à la même température $\pm 1\text{ K}$.

La valeur minimale de la consommation d'énergie parmi les valeurs mesurées au moins toutes les 100 h doit s'appeler P_{3ct} . Ceci est résumé à la Figure 2.

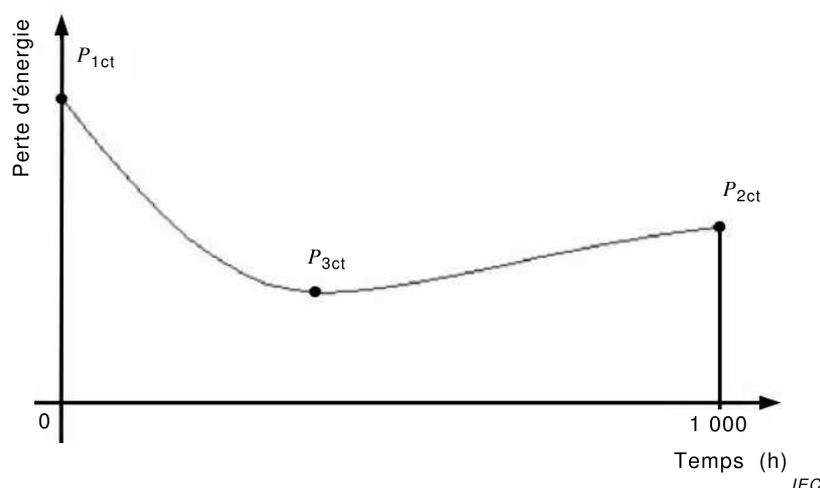


Figure 2 – Consommation d'énergie mesurée dans la résistance à oxyde métallique à températures élevées en fonction du temps

Si P_{2ct} est inférieure ou égale à 110 % de P_{3ct} , l'essai décrit en 6.5.3 doit être exécuté sur des résistances à oxyde métallique neuves:

- si P_{2ct} est inférieure ou égale à P_{1ct} , U_c est utilisée sans aucune modification;
- si P_{2ct} est supérieure à P_{1ct} , le rapport P_{2ct}/P_{1ct} est déterminé pour chaque échantillon. Le plus élevé de ces trois rapports est appelé K_{ct} . La consommation d'énergie P_{1ct} à U_c est mesurée sur trois résistances à oxyde métallique neuves, à température ambiante. Puis, la tension est augmentée de sorte que la consommation d'énergie correspondante P_{2ct} obéisse à la relation:

$$P_{2ct}/P_{1ct} = K_{ct}$$

La valeur majorée U_c^* est la plus élevée des trois tensions ainsi obtenues ($K_{ct} U_c$). Sinon, des résistances à oxyde métallique vieilles peuvent également être utilisées après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Si P_{2ct} est supérieure à 110 % de P_{3ct} , et

- P_{2ct} est inférieure à P_{1ct} , des résistances à oxyde métallique vieilles doivent être utilisées pour les essais suivants en 6.5.3. U_c est utilisée sans modification;
- P_{2ct} est supérieure ou égale à P_{1ct} , des résistances à oxyde métallique vieilles doivent être utilisées pour les essais suivants en 6.5.3. Des résistances à oxyde métallique neuves avec valeur majorée U_c^* peuvent être utilisées, mais seulement après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les résistances à oxyde métallique soumises à l'essai ci-dessus pendant plus de 1 000 h sont considérées comme vieilles. Le Tableau 6 résume ces cas.

Tableau 6 – Détermination de la tension d'exploitation permanente majorée

Consommations d'énergie mesurées	Echantillons d'essai pour l'essai de fonctionnement en exploitation	Tension d'essai pour l'essai de fonctionnement en exploitation
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	Echantillons neufs	U_c
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} > P_{1ct}$	Echantillons neufs	U_c^*
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} < P_{1ct}$	Echantillons vieillis	U_c
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Echantillons vieillis	U_c
	Echantillons neufs (autre possibilité après accord entre le constructeur et l'acheteur)	U_c^*

Quand des résistances à oxyde métallique vieilles sont utilisées pour l'essai de fonctionnement en exploitation, il convient que l'intervalle de temps entre l'essai de vieillissement et l'essai de fonctionnement en exploitation soit inférieur à 24 h.

Le temps de mesure doit être suffisamment court pour éviter que la consommation d'énergie augmente en raison de l'échauffement.

6.5.3 Essai de fonctionnement en exploitation

6.5.3.1 Séquence des essais

La séquence d'essai complète est donnée dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Modalités de l'essai de fonctionnement en exploitation

N°	Etape		Opération
1	Mesure initiale		Mesure de la tension résiduelle au courant nominal de décharge et mesure de la tension de référence
			Intervalle de temps non spécifié
2	Conditionnement (voir 6.5.3.2)	Partie I	4 séries de 5 chocs à I_n 8/20 μ s
		Intervalle de temps non spécifié à température ambiante	
		Partie II	Choc de courant de grande amplitude 4/10 μ s Refroidissement à température ambiante Choc de courant de grande amplitude 4/10 μ s
3	Essai de fonctionnement en exploitation		Préchauffage à 60 °C \pm 3 K
			Un choc de l'essai de transfert de charge (voir 6.4.2)
			50 s à 60 s
			Un choc de l'essai de transfert de charge (voir 6.4.2)
			Le plus bref possible sans dépasser 100 ms
			Tension d'exploitation permanente majorée, 30 min (voir 6.5.2.3)
			Refroidissement à température ambiante
4	Mesure et examen finaux		Mesure de la tension résiduelle au courant nominal de décharge et mesure de la tension de référence
			Examen visuel de l'échantillon d'essai
Si les caractéristiques de fonctionnement du générateur sont limitées, il est admis d'appliquer le transfert de charge total de deux (2) opérations, trois (3) opérations étant effectuées en 2 min. Ceci est acceptable, car l'essai de fonctionnement en exploitation détermine la stabilité thermique du parafoudre après absorption d'énergie.			

Avant l'essai de fonctionnement en exploitation, la tension de référence et la tension résiduelle au courant nominal de décharge de chacun des trois échantillons d'essai doivent être déterminées à température ambiante (voir 6.3.3).

Les échantillons d'essai doivent être convenablement marqués pour s'assurer que la polarité adéquate est appliquée (voir paragraphes suivants).

6.5.3.2 Conditionnement

Les échantillons sont soumis à un essai de conditionnement. La première partie de l'essai se compose de 20 chocs de courant selon 6.5.3.1 avec une valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les 20 chocs sont appliqués en quatre (4) séries de cinq (5) chocs. L'intervalle entre les chocs doit être compris entre 50 s et 60 s, et l'intervalle entre les séries doit être suffisant pour permettre aux échantillons de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante.

La seconde partie de l'essai correspond à l'application de deux chocs de courant 4/10 μ s de grande amplitude I_{hc} avec des valeurs de crête choisies dans le Tableau 8. La valeur de crête mesurée des chocs de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

Le conditionnement doit être effectué sur les échantillons d'essai à l'air libre immobile à une température de 20 °C \pm 15 K.

Tableau 8 – Valeurs pour les chocs de courant de grande amplitude

Valeur de crête I_{hc} kA
65
100
200

Après ce conditionnement, les échantillons d'essai doivent être conservés en vue de leur utilisation ultérieure lors de l'essai de fonctionnement en exploitation.

6.5.3.3 Application des chocs

Après le conditionnement, le parafoudre doit être préchauffé à une température de $60\text{ °C} \pm 3\text{ K}$. L'essai doit être effectué à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

Si une température supérieure est jugée nécessaire (forte pollution ou conditions anormales de service, par exemple), la valeur la plus élevée pour l'essai peut être utilisée à condition qu'un accord ait été convenu entre le constructeur et l'acheteur.

Le parafoudre doit être soumis à deux opérations de transfert de charge avec une charge assignée Q_t spécifiée dans le Tableau 5 pour la classe de parafoudre concernée. L'intervalle de temps entre les chocs doit être compris entre 50 s et 60 s.

Dès que possible, après la deuxième opération de transfert de charge et pas plus tard que 100 ms après le choc, le parafoudre doit être déconnecté du générateur de choc et connecté à la source de tension continue. La tension d'exploitation permanente majorée U_c^* , déterminée à partir de la procédure de vieillissement accéléré décrite en 6.5.2, doit être appliquée pendant une durée de 30 min pour déterminer la stabilité ou l'emballement thermique du parafoudre.

Afin de reproduire les conditions réelles du réseau, la deuxième opération de transfert de charge doit être appliquée alors que l'échantillon est soumis à la tension U_c^* . La limite de 100 ms est admise étant donné les limitations pratiques du circuit d'essai.

Pour toutes les opérations de transfert de charge, des enregistrements oscillographiques de la tension mesurée aux bornes de l'échantillon d'essai et du courant le traversant doivent être effectués. La charge et l'énergie dissipée par l'échantillon d'essai au cours de l'opération doivent être déterminées à partir des oscillogrammes de la tension et du courant, les valeurs de charge et d'énergie devant être mentionnées dans le rapport d'essais de type.

La température des résistances à oxyde métallique, le courant continu ou la consommation d'énergie doivent être contrôlés pendant l'application de la tension continue pour déterminer la stabilité ou l'emballement thermique du parafoudre.

Une fois la séquence d'essai complète effectuée et l'échantillon d'essai refroidi à une température voisine de la température ambiante, la tension de référence et la tension résiduelle au courant nominal de décharge de chacun des trois parafoudres sont déterminées à température ambiante.

6.5.3.4 Evaluation de la stabilité thermique lors des essais de fonctionnement en exploitation

Les échantillons soumis aux essais de fonctionnement en exploitation sont considérés comme thermiquement stables si le courant continu, la consommation d'énergie ou la température des résistances à oxyde métallique diminue régulièrement pendant les quinze (15) dernières

minutes d'application de la tension U_c comme prévu dans la procédure indiquée dans le Tableau 7.

Le courant continu dépend fortement de la stabilité de la tension appliquée ainsi que des variations de la température ambiante. En conséquence, le jugement indiquant si le parafoudre est ou n'est pas thermiquement stable peut dans certains cas ne pas apparaître clairement à la fin de l'application de la tension U_c^* . Dans ce cas, la durée d'application de la tension U_c^* doit être prolongée jusqu'à ce que soit confirmée une baisse régulière du courant, de la consommation d'énergie ou de la température. Si aucune tendance croissante du courant, de la consommation d'énergie ou de la température n'est constatée avant 3 h d'application de la tension, la stabilité thermique du parafoudre est démontrée.

6.5.3.5 Conditions de réussite d'un essai

Le parafoudre est considéré avoir passé avec succès l'essai s'il remplit l'ensemble des conditions suivantes:

- il est thermiquement stable;
- la variation de la tension résiduelle mesurée avant et après l'essai est inférieure ou égale à 5 %;
- la variation de la tension de référence mesurée avant et après l'essai est inférieure à 10 %;
- l'examen visuel des échantillons d'essai après l'essai ne révèle aucune trace de perforation, aucun contournement, ni aucune fissure sur les résistances variables à oxyde métallique.

6.6 Essais de court-circuit

6.6.1 Généralités

Les essais doivent être exécutés afin de montrer qu'une défaillance du parafoudre ne provoque pas de rupture explosive de son enveloppe et que le parafoudre est capable d'autoéteindre ses flammes dans un délai spécifié s'il prend feu. Chaque type de parafoudre est soumis à l'essai avec différentes valeurs de courant de court-circuit. Si le parafoudre est équipé d'un montage se substituant à un appareil limiteur de pression conventionnel, ce montage doit être utilisé lors de l'essai.

En ce qui concerne les performances au courant de court-circuit, il est important de distinguer deux conceptions de parafoudres.

- Les parafoudres de "conception A" sont conçus de sorte qu'un canal utilisé par le gaz se prolonge tout au long du dispositif du parafoudre.
- Les parafoudres de "conception B" sont conçus sans volume interne de gaz.

NOTE Généralement, les parafoudres de "conception A" sont des parafoudres à enveloppe en porcelaine ou à enveloppe synthétique avec un isolateur creux composite, qui sont équipés d'appareils limiteurs de pression ou de points faibles préfabriqués dans l'enveloppe composite. Celle-ci éclate ou s'ouvre à une pression spécifiée, ce qui fait baisser la pression interne.

Généralement, les parafoudres de "conception B" ne possèdent pas d'appareil limiteur de pression et sont solides, sans volume de gaz interne. Si les résistances à oxyde métallique connaissent une défaillance électrique, il se produit un arc à l'intérieur du parafoudre. Cet arc provoque une évaporation importante et éventuellement la combustion de l'enveloppe et/ou du matériau interne. Ces performances de tenue aux courts-circuits des parafoudres sont déterminées par leur capacité à contrôler l'éclatement ou l'ouverture de l'enveloppe dus aux effets de l'arc, évitant ainsi une rupture explosive.

6.6.2 Préparation des échantillons d'essai

6.6.2.1 Généralités

En fonction du type de parafoudre et de la tension d'essai, des exigences différentes s'appliquent concernant le nombre d'échantillons d'essai et le début du courant de court-circuit.

Les essais doivent être effectués sur des parafoudres complets ayant la tension assignée la plus élevée.

6.6.2.2 Parafoudres de "conception A"

Les échantillons doivent être préparés avec des moyens de conduire le courant de court-circuit exigé en utilisant un fil fusible. Le fil fusible doit être en contact direct avec les résistances à oxyde métallique. Il doit être positionné à l'intérieur ou aussi près que possible du canal utilisé par le gaz. Il doit court-circuiter la partie active interne complète. L'emplacement réel du fil fusible au cours de l'essai doit être consigné dans le rapport d'essai.

Il n'est pas fait de différence entre les enveloppes synthétiques et les enveloppes en porcelaine dans la préparation des échantillons d'essai. Les parafoudres de "conception A" avec des ailettes polymères qui sont appliquées à une enveloppe primaire en porcelaine ou à un autre isolateur creux aussi fragile que la céramique doivent être considérés comme des parafoudres à enveloppe en porcelaine et soumis aux essais en tant que tels.

Le matériel et la taille du fil fusible doivent être choisis de sorte que le fil fonde en 2 ms après le début du courant d'essai, pour les essais de courant de court-circuit de grande amplitude et réduit. Pour l'essai de courant de court-circuit de faible amplitude, il n'y a aucune limite de temps de fonte.

Les échantillons d'essai doivent être remplis de la même substance (gaz) que dans les parafoudres.

6.6.2.3 Parafoudres de "conception B"

Aucune préparation spéciale n'est nécessaire. Un parafoudre non modifié doit être utilisé.

Les parafoudres complets doivent être prédégradés par l'application d'une surtension continue ou alternative entre leurs bornes. Ils ne doivent subir aucune modification physique entre la dégradation et l'essai de courant de court-circuit à proprement parler.

La surtension de dégradation doit provoquer la défaillance du parafoudre en un temps égal à $5 \text{ min} \pm 3 \text{ min}$. Les résistances à oxyde métallique sont considérées comme assez dégradées quand la tension aux bornes du parafoudre descend sous une valeur inférieure à 10 % de la tension appliquée au départ. Le courant de dégradation ne doit pas dépasser 30 A.

L'intervalle entre la défaillance et l'essai de courant de court-circuit assigné ne doit pas dépasser 15 min.

La défaillance doit être réalisée en appliquant une source de tension ou une source de courant à l'échantillon.

Méthode faisant intervenir une source de tension: Il convient que le courant initial soit généralement compris dans la plage 5 mA/cm^2 à 10 mA/cm^2 . Il convient également que le courant de court-circuit de dégradation soit généralement compris entre 1 A et 30 A. Il n'est pas nécessaire d'ajuster la source de tension après son réglage initial; même si de petits ajustements peuvent être nécessaires pour provoquer la défaillance des résistances à oxyde métallique dans le délai spécifié.

Méthode faisant intervenir une source de courant: Une densité de courant d'environ 15 mA/cm² avec une variation de ± 50 % suffit généralement à provoquer la défaillance des résistances à oxyde métallique dans le délai spécifié. Il convient que le courant de court-circuit de dégradation soit généralement compris entre 10 A et 30 A. Il n'est pas nécessaire d'ajuster la source de courant après son réglage initial, même si de petits ajustements peuvent être nécessaires pour provoquer la défaillance des résistances à oxyde métallique dans le délai spécifié.

6.6.3 Essai sur des parafoudres à enveloppe en porcelaine

6.6.3.1 Montage de l'échantillon d'essai

La configuration du montage est représentée à la Figure 3. La distance entre le sol et la plate-forme isolante et les conducteurs doit être celle indiquée dans la figure ci-après.

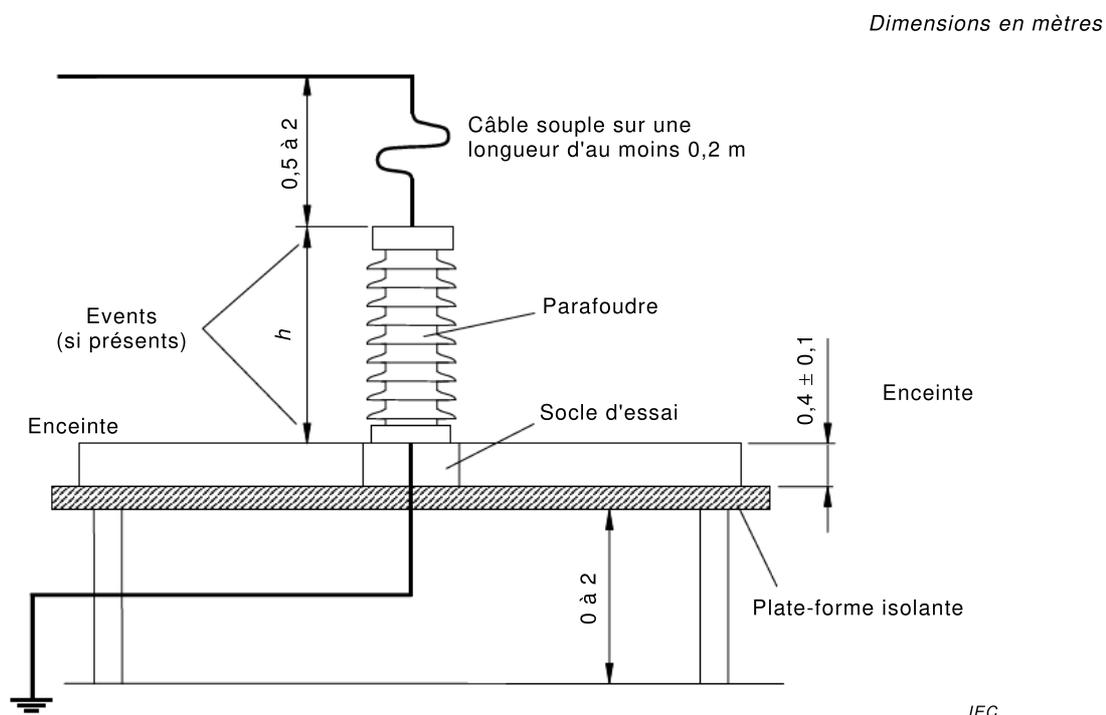


Figure 3 – Configuration de l'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine (conducteurs et événements tous inclus dans le même plan)

L'embase de l'échantillon d'essai doit être montée sur un socle d'essai se trouvant à la même hauteur qu'une enceinte circulaire ou carrée. Le socle d'essai doit être constitué d'un matériau isolant; il peut être constitué d'un matériau conducteur si sa surface est inférieure à celle de l'embase du parafoudre. Le socle d'essai et l'enceinte doivent être placés au sommet d'une plate-forme isolante (voir Figure 3). La distance d'arc entre le capot supérieur et tout autre objet métallique (mis à la terre ou non), à l'exception du socle du parafoudre, doit être au moins égale à 1,6 fois la hauteur de l'échantillon de parafoudre, sans être inférieure à 0,9 m. L'enceinte doit être en matériau non métallique et elle doit être positionnée de façon symétrique par rapport à l'axe de l'échantillon d'essai. La hauteur de l'enceinte doit être de 40 cm ± 10 cm et son diamètre (ou son côté s'il s'agit d'une enceinte carrée) doit être égal à la valeur la plus élevée entre 1,8 m et D (voir formule ci-dessous). L'enceinte ne doit pouvoir ni s'ouvrir, ni bouger pendant l'essai.

$$D = 1,2 \times (2 \times h + D_{arr})$$

où

h est la hauteur du dispositif du parafoudre à l'essai;

D_{arr} est le diamètre du dispositif du parafoudre à l'essai.

Les échantillons d'essai doivent être montés verticalement sauf accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur.

Le montage du parafoudre au cours de l'essai de court-circuit et, plus spécifiquement, la disposition des conducteurs, doit représenter la condition la plus défavorable en service.

NOTE La disposition représentée à la Figure 3 est la plus défavorable à utiliser durant la phase initiale de l'essai avant le relâchement de la surpression (en particulier dans le cas d'un parafoudre équipé d'un appareil limiteur de pression). Le positionnement de l'échantillon comme indiqué à la Figure 3, avec ses événements côté source d'essai, peut conduire l'arc externe à être envoyé plus près de l'enveloppe du parafoudre que dans d'autres cas. En conséquence, un effet de choc thermique peut causer des fissures et des bris excessifs des ailettes en porcelaine, en comparaison avec les autres orientations possibles des événements.

6.6.3.2 Essais de court-circuit en courant élevé et réduit

Quatre (4) échantillons doivent être soumis à l'essai avec des courants basés sur le courant de court-circuit assigné et les courants réduits conformément au Tableau 9. Ces quatre (4) échantillons doivent être préparés conformément à 6.6.2 et montés conformément à 6.6.3.1.

Les essais doivent être effectués avec des courants continus.

Les parafoudres doivent être soumis à l'essai avec le courant de court-circuit assigné I_S , le courant de court-circuit réduit et le courant de court-circuit de faible amplitude conformément au Tableau 9. La valeur moyenne mesurée du courant d'essai doit être au moins égale au courant de court-circuit assigné et doit être comprise dans les plages de tolérance des courants de court-circuit réduit et de faible amplitude.

Les essais doivent être effectués à l'aide d'un circuit d'essai, avec une tension d'essai à vide comprise entre 77 % à 107 % de la tension continue de l'échantillon d'essai. La durée totale mesurée du courant d'essai circulant dans le circuit doit être conforme aux valeurs indiquées au Tableau 9. Pour les parafoudres équipés d'un appareil limiteur de pression, le courant de court-circuit de faible amplitude doit circuler jusqu'au relâchement de la surpression.

Tableau 9 – Courants exigés pour les essais de court-circuit des parafoudres à enveloppe en porcelaine

Courant de court-circuit	Courant ^{a,b} A	Tolérance sur le courant %	Durée s
Assigné	40 000	–	0,2
Réduit	25 000	± 20	0,2
Réduit	12 000	± 20	0,2
De faible amplitude	600	± 33	1,0

^a D'autres courants de court-circuit peuvent être choisis après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

^b S'il est confirmé ou démontré qu'un essai de court-circuit en courant alternatif produit un comportement équivalent à celui observé lors d'un essai en courant continu, les essais peuvent être réalisés en courant alternatif, sur la base d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Le courant présumé doit d'abord être mesuré par un essai où le parafoudre doit être court-circuité ou remplacé par une connexion rigide d'impédance négligeable.

La durée de cet essai peut être limitée au minimum de temps exigé pour mesurer la forme d'onde de courant.

La connexion rigide de court-circuit doit être retirée après contrôle du courant présumé, et le ou les échantillons de parafoudres doivent être soumis à l'essai en utilisant les mêmes paramètres de circuit. L'évolution du courant de court-circuit en fonction du temps doit être enregistrée pour tous les essais de court-circuit.

6.6.3.3 Essai de court-circuit à courants de faible amplitude

L'essai doit être réalisé en utilisant un circuit d'essai quelconque qui produira un courant traversant l'échantillon d'essai de $600 \text{ A} \pm 200 \text{ A}$, mesuré environ 0,1 s après le début du flux de courant de court-circuit. Le courant doit circuler pendant au moins 1 s après fonte du fil fusible ou jusqu'au relâchement de la surpression. L'échantillon doit être préparé conformément à 6.6.2 et monté conformément à 6.6.3.1.

Voir 6.6.5 pour plus d'informations concernant la manipulation d'un parafoudre pour lequel le relâchement ne s'est pas produit.

6.6.4 Essai sur des parafoudres à enveloppe synthétique

6.6.4.1 Montage des échantillons d'essai

Pour un parafoudre monté sur embase, la configuration du montage est représentée à la Figure 4. La distance entre le sol et la plate-forme isolante et les conducteurs doit être celle indiquée à la Figure 4.

Concernant les parafoudres non montés sur socle, l'échantillon d'essai doit être monté sur les dispositifs généralement utilisés pour l'installation de service réelle. Pour les besoins de l'essai, la console de montage doit être considérée comme faisant partie du socle du parafoudre. Les recommandations d'installation du constructeur doivent être prises en compte.

Concernant les parafoudres montés sur socle, l'embase de l'échantillon d'essai doit être montée sur un socle d'essai se trouvant à la même hauteur qu'une enceinte circulaire ou carrée. Le socle d'essai doit être constitué d'un matériau isolant; il peut être constitué d'un matériau conducteur si sa surface est inférieure à celle de l'embase du parafoudre. Le socle d'essai et l'enceinte doivent être placés au sommet d'une plate-forme isolante (voir Figure 4). Concernant les parafoudres non montés sur socle, les mêmes exigences s'appliquent à la partie inférieure du parafoudre. La distance d'arc entre le capot supérieur et tout autre objet métallique (mis à la terre ou non), à l'exception du socle du parafoudre, doit être au moins égale à 160 % de la hauteur de l'échantillon de parafoudre, sans être inférieure à 0,9 m. L'enceinte doit être en matériau non métallique et elle doit être positionnée de façon symétrique par rapport à l'axe de l'échantillon d'essai. La hauteur de l'enceinte doit être de $40 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$ et son diamètre (ou son côté s'il s'agit d'une enceinte carrée) doit être égal à la valeur la plus élevée entre 1,8 m et D (voir formule ci-dessous). L'enceinte ne doit pouvoir ni s'ouvrir, ni bouger pendant l'essai.

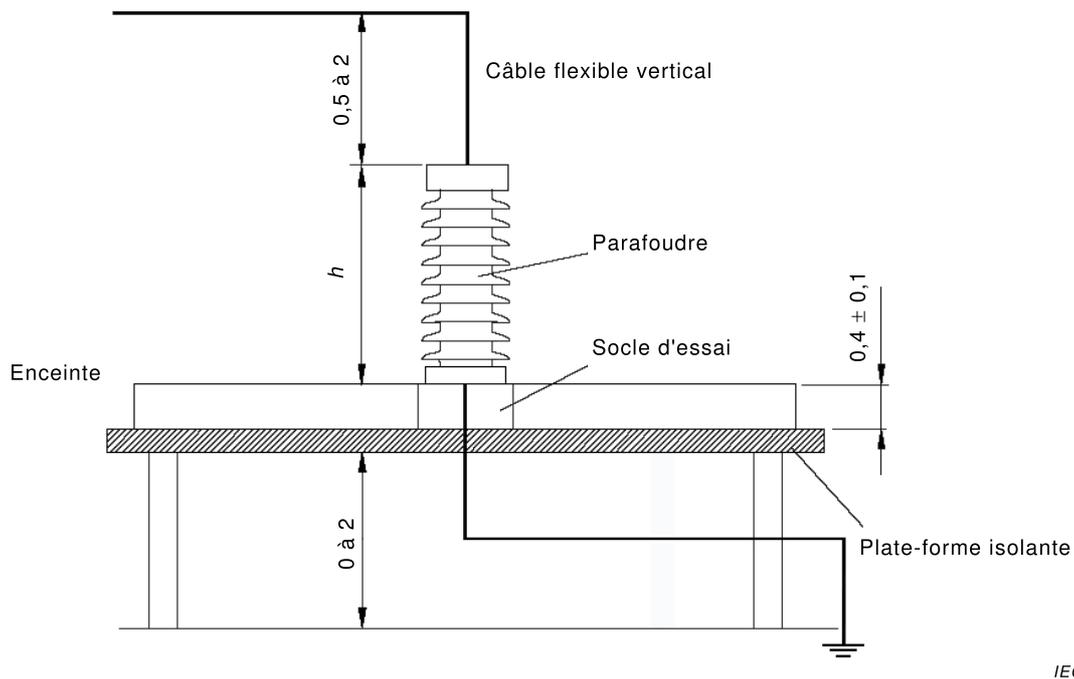
$$D = 1,2 \times (2 \times h + D_{\text{arr}})$$

où

h est la hauteur du dispositif du parafoudre à l'essai;

D_{arr} est le diamètre du dispositif du parafoudre à l'essai.

Les parafoudres doivent être montés conformément à la Figure 4, en position verticale, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.



IEC

Figure 4 – Configuration de l'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe synthétique (conducteurs et événements tous inclus dans le même plan)

6.6.4.2 Essai de court-circuit avec courant d'amplitude élevé, réduit et de faible amplitude

Les essais doivent être effectués avec des courants continus.

Les parafoudres doivent être soumis à l'essai avec le courant de court-circuit assigné I_S , le courant de court-circuit réduit et le courant de court-circuit de faible amplitude conformément au Tableau 10. La valeur moyenne mesurée du courant d'essai doit être au moins égale au courant de court-circuit assigné et doit être comprise dans les plages de tolérance des courants de court-circuit réduit et de faible amplitude.

Tableau 10 – Courants exigés pour les essais de court-circuit

Courant de court-circuit	Courant ^{a b} A	Tolérance sur le courant %	Durée s
Assigné	40 000	–	0,2
Réduit	25 000	± 20	0,2
De faible amplitude	600	± 33	1,0

^a D'autres courants de court-circuit peuvent être choisis après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

^b S'il est confirmé ou démontré qu'un essai de court-circuit en courant alternatif produit un comportement équivalent à celui observé lors d'un essai en courant continu, les essais peuvent être réalisés en courant alternatif, sur la base d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Tous les parafoudres doivent être préparés conformément à 6.6.2 et montés conformément à 6.6.4.1.

Les essais doivent être effectués à l'aide d'un circuit d'essai, avec une tension d'essai à vide comprise entre 77 % à 107 % de la tension continue de l'échantillon d'essai. La durée totale mesurée du courant d'essai circulant dans le circuit doit être conforme aux valeurs indiquées

au Tableau 10. Pour les parafoudres équipés d'un appareil limiteur de pression, le courant de court-circuit de faible amplitude doit circuler jusqu'au relâchement de la surpression.

Le courant présumé doit d'abord être mesuré par un essai où le parafoudre doit être court-circuité ou remplacé par une connexion rigide d'impédance négligeable. La durée de cet essai peut être limitée au temps minimum exigé pour mesurer la valeur de crête et la forme d'onde de courant. La connexion rigide de court-circuit doit être retirée après contrôle du courant présumé, et le ou les échantillons de parafoudres doivent être soumis à l'essai en utilisant les mêmes paramètres de circuit. L'évolution du courant de court-circuit en fonction du temps doit être enregistrée pour tous les essais de court-circuit.

Les parafoudres prédégradés peuvent développer une résistance à l'arc considérable, ce qui limite le courant qui traverse le parafoudre. Il est donc recommandé d'effectuer les essais de court-circuit le plus rapidement possible après la défaillance, de préférence avant le refroidissement des échantillons d'essai.

Par conséquent, concernant les parafoudres prédégradés, il est recommandé de s'assurer que le parafoudre présente une impédance suffisamment faible avant d'appliquer le courant de court-circuit en appliquant à nouveau le circuit de dégradation ou un circuit semblable pendant 2 s au maximum immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit (voir Figure 5). Il est admis d'augmenter le courant de court-circuit du circuit préappliqué jusqu'à 300 A. Dans ce cas, sa durée maximale t_{rpf} , qui dépend de l'amplitude du courant I_{rpf} , ne doit pas dépasser la valeur suivante:

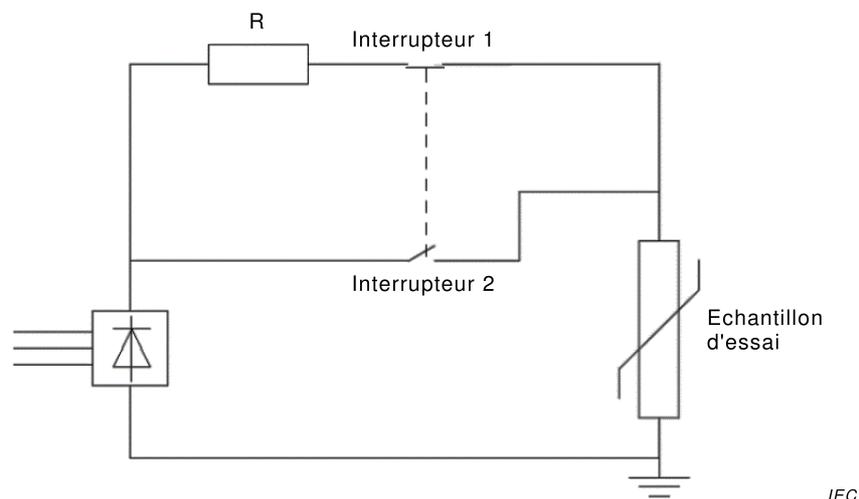
$$t_{rpf} \leq Q_{rpf} / I_{rpf}$$

où

t_{rpf} est la durée de la nouvelle prédégradation (s);

Q_{rpf} est la charge de la nouvelle prédégradation = 60 As;

I_{rpf} est le courant de la nouvelle prédégradation (A);



IEC

Figure 5 – Exemple de circuit d'essai pour le renouvellement de la dégradation immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit

6.6.5 Evaluation des résultats d'essai

L'essai est considéré comme satisfaisant si les trois critères suivants sont remplis:

- a) aucune rupture explosive ne se produit; une défaillance de la structure de l'échantillon est admise tant que les critères b) et c) sont remplis;

- b) aucun élément de l'échantillon d'essai ne se trouve à l'extérieur de l'enceinte, à l'exception des éléments suivants:
- fragments de céramique (oxyde métallique ou porcelaine) pesant moins de 60 g chacun,
 - opercules d'évents et diaphragmes du limiteur de pression,
 - petits bouts de matériaux synthétiques souples;
- c) le parafoudre est capable d'autoéteindre ses flammes dans un délai de 2 min après l'essai. Tout élément projeté (à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enceinte) s'autoéteint également dans un délai de 2 min.

Si le relâchement ne s'est manifestement pas produit à l'issue de l'essai, il convient de prendre des précautions adéquates, l'enveloppe pouvant demeurer sous pression après l'essai. Cette note s'applique à toutes les valeurs du courant d'essai, mais concerne plus particulièrement les essais de court-circuit au courant de faible amplitude.

6.7 Essais de décharges partielles internes

Cet essai doit être effectué avec une tension en courant alternatif. La tension à fréquence industrielle (U_{tac} , valeur efficace) à appliquer doit correspondre à la tension U_c de l'échantillon divisée par $\sqrt{2}$.

La tension d'essai doit être augmentée jusqu'à 125 % de U_{tac} , maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite jusqu'à 105 % de U_{tac} . A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré conformément à l'IEC 60270. La valeur mesurée pour la décharge partielle interne ne doit pas dépasser 10 pC.

Cet essai doit être exécuté sur un échantillon de parafoudre complet. L'échantillon d'essai peut être protégé contre les décharges partielles externes.

6.8 Essai en moment de flexion

6.8.1 Généralités

L'essai s'applique aux parafoudres à enveloppe synthétique (qu'ils renferment un volume de gaz ou non), ainsi qu'aux parafoudres à enveloppe en porcelaine.

La procédure d'essai complète appliquée à chaque conception de parafoudre doit être conforme à ce qui suit et à ce qui est représenté à la Figure A.1. Concernant les parafoudres à enveloppe en porcelaine, l'effort maximal admissible à long terme (SLL) est égal à 40 % de l'effort maximal admissible à court terme (SSL). Concernant les parafoudres à enveloppe synthétique, l'effort SLL est inférieur à l'effort SSL (voir Figure 9).

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à supporter les efforts de flexion annoncés par le constructeur. Normalement, un parafoudre n'est pas conçu pour supporter des efforts de torsion. Si un parafoudre est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être effectué après accord entre le constructeur et l'utilisateur. Cet essai doit être exécuté sur des parafoudres complets.

6.8.2 Essai sur des parafoudres à enveloppe en porcelaine et en résine moulée

6.8.2.1 Préparation de l'échantillon

Une extrémité de l'échantillon doit être fermement fixée sur une surface de montage rigide de l'équipement d'essai. Un effort doit être appliqué sur l'autre extrémité (libre) de l'échantillon afin de produire le moment de flexion exigé au niveau de l'extrémité fixe.

La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du parafoudre et lui être perpendiculaire. Si le parafoudre n'est pas axisymétrique par rapport à sa résistance à la

flexion, le constructeur doit fournir des informations relatives à cette résistance non symétrique et l'effort doit être appliqué dans une direction angulaire soumettant l'élément le moins résistant du parafoudre au moment de flexion maximal.

6.8.2.2 Modalités de vérification de l'effort SSL

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai. Avant les essais, chaque échantillon d'essai doit être soumis à un contrôle d'étanchéité (voir 7.1 d) et à un essai de décharges partielles internes (voir 7.1 c).

L'effort de flexion appliqué sur chaque échantillon doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'effort SSL, avec une tolérance de +5 % / –0 %, en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort d'essai est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. La force et la déformation doivent être mesurées de façon continue du début à la fin de l'essai. L'effort doit ensuite être progressivement relâché et la déformation résiduelle enregistrée.

La déformation résiduelle doit être mesurée dans un intervalle de 1 min à 10 min après le relâchement de l'effort.

6.8.2.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit être considéré comme ayant passé avec succès l'essai s'il remplit les conditions suivantes:

- aucun dommage mécanique n'apparaît;
- la déformation résiduelle est inférieure ou égale à la valeur la plus élevée entre 3 mm et 10 % de la déformation maximale observée pendant l'essai;
- les échantillons d'essai ont passé avec succès l'essai du taux de fuite conformément à 6.9;
- le niveau des décharges partielles internes des échantillons d'essai ne dépasse pas la valeur spécifiée en 6.7.

6.8.3 Essai des parafoudres à enveloppe synthétique renfermant un volume de gaz ou non

6.8.3.1 Préparation de l'échantillon

Un essai comportant deux étapes doit être exécuté successivement sur trois échantillons.

Avant l'essai en moment de flexion, chaque échantillon doit être soumis aux essais électriques suivants, dans l'ordre indiqué:

- mesure de la consommation d'énergie à la tension U_c et à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$;
- essai de décharges partielles internes conforme à 6.7;
- essai de vérification de la tension résiduelle au courant nominal de décharge;
- essais du taux de fuite conformes à 6.9 pour les parafoudres renfermant un volume de gaz et possédant un système d'étanchéité distinct.

Une extrémité de l'échantillon doit être fermement fixée sur une surface de montage rigide de l'équipement d'essai. Un effort doit être appliqué sur l'autre extrémité (libre) de l'échantillon afin de produire le moment de flexion exigé au niveau de l'extrémité fixe.

La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du parafoudre et lui être perpendiculaire. Si le parafoudre n'est pas axisymétrique par rapport à sa résistance à la flexion, le constructeur doit fournir des informations relatives à cette résistance non symétrique et l'effort doit être appliqué dans une direction angulaire soumettant l'élément le moins résistant du parafoudre au moment de flexion maximal.

6.8.3.2 Procédure d'essai

6.8.3.2.1 Présentation

La tolérance admise sur les efforts spécifiés doit être de + 5 % / – 0 %. L'essai se déroule en deux étapes:

- Etape 1.1: deux (2) échantillons doivent être soumis à l'essai de l'effort à court terme décrit en 6.8.3.2.2;
- Etape 1.2: le troisième échantillon doit être soumis au préconditionnement mécanique décrit en 6.8.3.2.3;
- Etape 2: les trois (3) échantillons doivent être soumis à l'essai d'immersion dans l'eau décrit en 6.8.3.2.4.

6.8.3.2.2 Essai de l'effort à court terme

Deux échantillons doivent être soumis à l'essai de l'effort à court terme SSL. L'effort de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à une valeur d'essai égale à la valeur d'effort SSL en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort d'essai est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. La force et la déformation doivent être mesurées de façon continue du début à la fin de l'essai. L'effort doit ensuite être progressivement relâché. La déformation résiduelle doit être mesurée dans un intervalle de 1 min à 10 min après le relâchement de l'effort.

La déformation maximale observée pendant l'essai et toute déformation résiduelle doivent être enregistrées.

6.8.3.2.3 Préconditionnement mécanique

Cette étape fait partie de la procédure d'essai et doit être exécutée sur l'un des échantillons d'essai.

Le préconditionnement en torsion doit être réalisé en appliquant le couple de torsion spécifié par le constructeur pour le parafoudre sur l'échantillon d'essai pendant 30 s.

Le préconditionnement thermomécanique est réalisé en soumettant le parafoudre à l'effort à long terme (SLL) dans quatre directions et avec des variations de température, comme indiqué aux Figures 6 et 7.

Si, dans des applications particulières, d'autres charges sont essentielles, il convient que les charges correspondantes soient appliquées en lieu et place des précédentes. Il convient que la durée totale d'essai et le cycle de température restent inchangés.

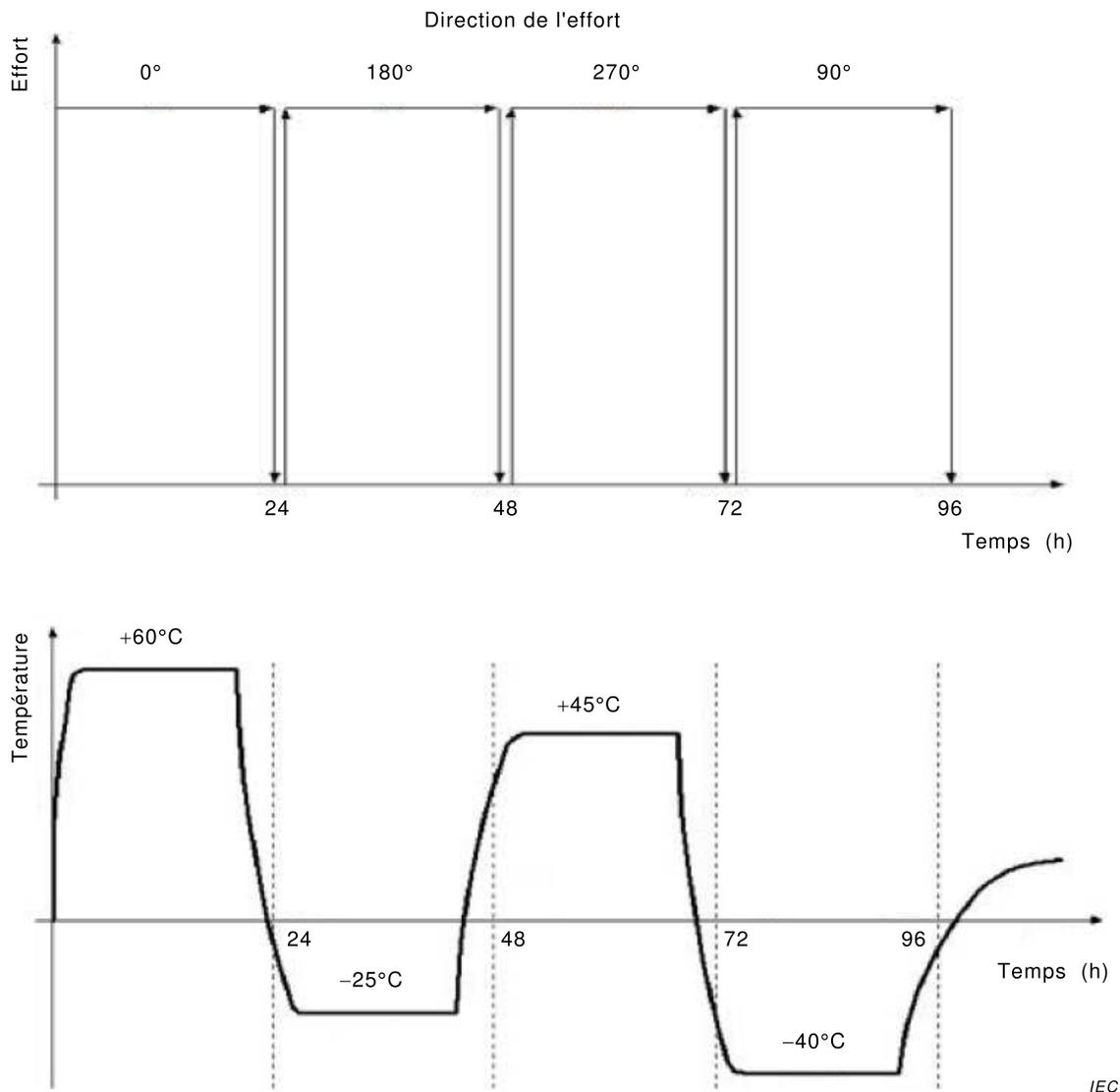


Figure 6 – Préconditionnement thermomécanique

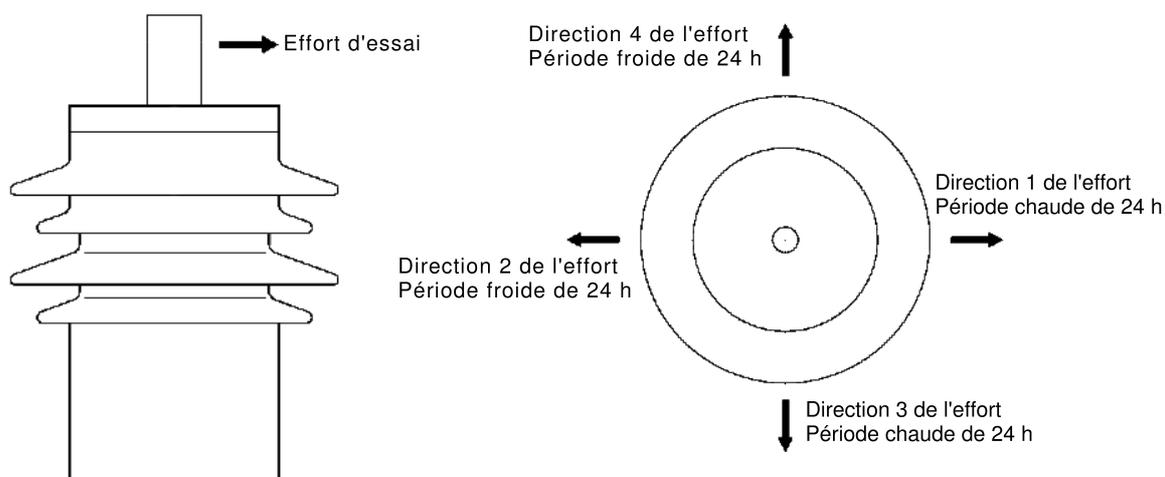
Si l'échantillon ne présente pas de symétrie de révolution, la direction de l'effort doit être choisie de manière à obtenir la contrainte mécanique maximale.

Les variations thermiques sont constituées de deux cycles de 48 h d'échauffement et de refroidissement décrits à la Figure 7. La température des périodes chaudes et froides doit être maintenue pendant au moins 16 h. Le préconditionnement doit être réalisé à l'air libre.

L'effort statique de flexion appliqué doit être égal à la valeur d'effort SSL définie par le constructeur. Son orientation change toutes les 24 h, comme indiqué à la Figure 7.

Le préconditionnement peut être interrompu pour des raisons de maintenance pendant une durée maximale de 4 h, et repris après l'interruption. Le cycle reste alors valide.

Toute déformation permanente par rapport à la position initiale à vide doit être relevée.



IEC

Figure 7 – Exemple de configuration pour le préconditionnement thermomécanique et orientation de l'effort de flexion

6.8.3.2.4 Essai d'immersion dans l'eau

Les échantillons d'essai doivent être immergés pendant 42 h dans un bac contenant de l'eau déminéralisée en ébullition additionnée de 1 kg/m³ de NaCl. Pendant l'ébullition, le bac doit être recouvert d'un couvercle afin d'éviter que l'eau ne s'évapore complètement.

NOTE Les caractéristiques de l'eau décrites ci-dessus sont celles mesurées en début d'essai.

Cette température (eau en ébullition) peut être réduite à $(80 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (avec une durée minimale de 52 h) par accord entre l'utilisateur et le constructeur, si ce dernier indique que le matériau d'étanchéité utilisé ne peut pas résister à la température d'ébullition pendant une durée de 42 h. Cette durée de 52 h peut être portée à 168 h (c'est-à-dire une semaine) après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

A l'issue de cette étape, le parafoudre doit rester dans le bac jusqu'à ce que l'eau refroidisse à $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Cette température de maintien n'est importante que s'il faut reporter les essais de vérification à l'issue de l'essai d'immersion dans l'eau comme indiqué à la Figure 8. Le parafoudre doit être maintenu à cette température jusqu'à l'exécution des essais de vérification conformément à 6.8.3.3. Ces essais de vérification doivent être exécutés sur des échantillons ayant refroidis en air immobile, jusqu'à température ambiante. La durée de refroidissement ne doit pas dépasser 2 h en air immobile, à température ambiante. Les essais de vérification doivent alors être exécutés sous 8 h.

Une fois l'échantillon retiré de l'eau, il peut être rincé à l'eau du robinet.

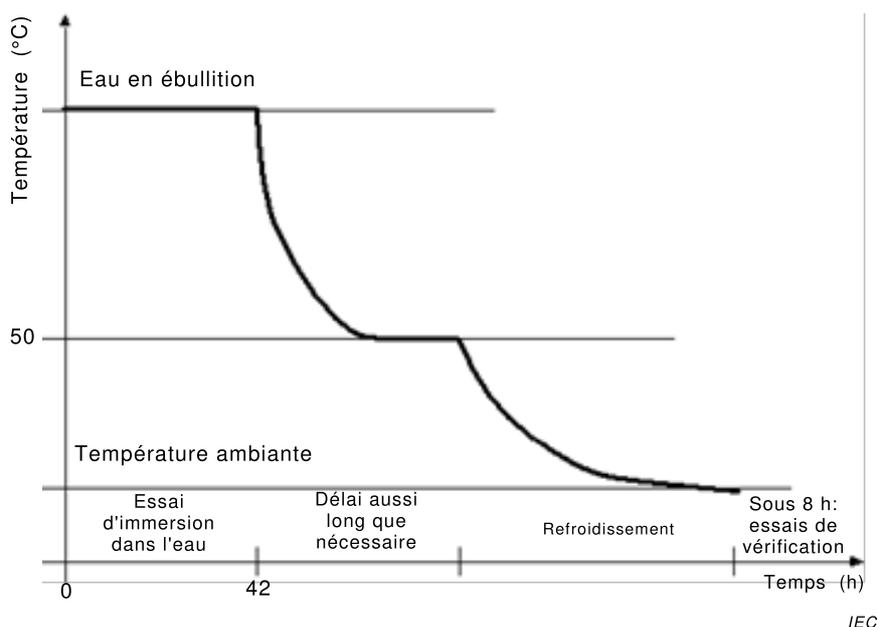


Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau

6.8.3.3 Evaluation de l'essai

Après l'essai, les essais décrits en 6.8.3.1 doivent être répétés.

Le parafoudre est considéré comme ayant passé avec succès l'essai s'il remplit les conditions ci-dessous.

Après l'étape 1:

- aucun dommage n'apparaît;
- la pente de la courbe donnant la déformation en fonction de l'effort reste positive jusqu'à la valeur d'effort SSL, excepté pour les creux ne dépassant pas 5 % de l'amplitude de l'effort SSL. La fréquence d'échantillonnage de l'appareil de mesure numérique doit être au moins égale à dix (10) échantillons par seconde. La fréquence de coupure de l'appareil de mesure ne doit pas être inférieure à 5 Hz.

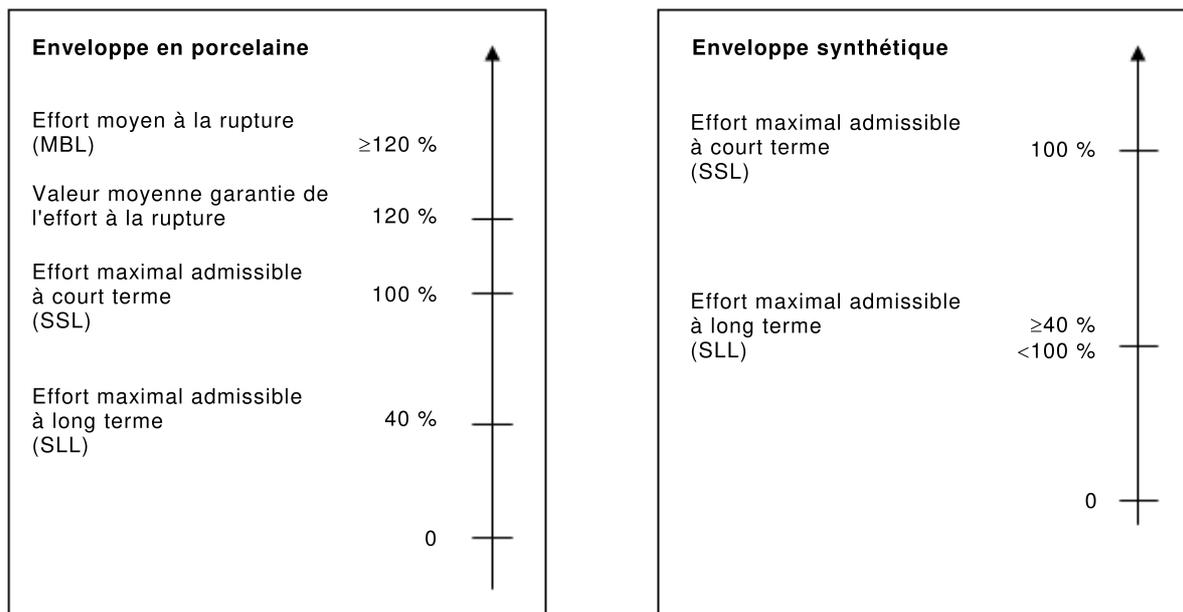
La déformation maximale observée pendant l'étape 1 et toute déformation résiduelle observée après l'essai doivent être relevées, mais ne constituent pas des critères d'acceptation.

Après l'étape 2:

- pour les parafoudres renfermant un volume de gaz et possédant un système d'étanchéité distinct, les échantillons ont passé avec succès l'essai du taux de fuite selon 6.9;
- l'augmentation de la consommation, mesurée à la tension U_c et à une température ambiante ne déviant pas de plus de 3 K des mesures initiales, est inférieure à la valeur la plus élevée entre 20 mW/kV d' U_c (mesurée à la tension U_c) et 20 %;
- la décharge partielle interne mesurée à 105 % de la tension U_c ne dépasse pas 10 pC;
- la variation de la tension résiduelle mesurée avant et après l'essai est inférieure ou égale à 5 %.

6.8.4 Définition des efforts mécaniques

La définition des efforts mécaniques est donnée à la Figure 9.



IEC

Figure 9 – Définition des efforts mécaniques (effort de base = SSL)

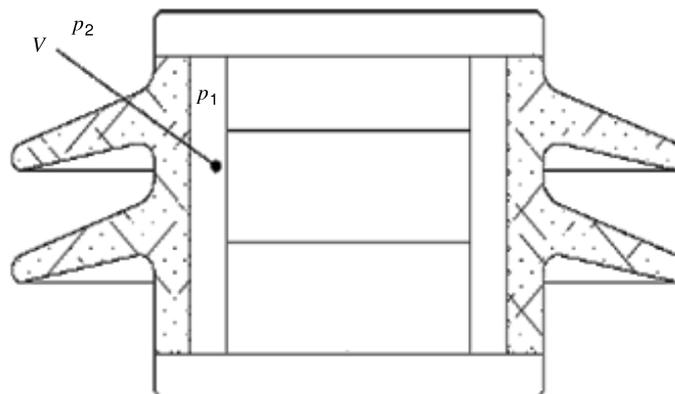
6.9 Essai du taux de fuite

6.9.1 Généralités

Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau du parafoudre complet. Il s'applique aux parafoudres comportant des joints et composants associés essentiels pour maintenir une atmosphère contrôlée à l'intérieur de l'enveloppe (parafoudres renfermant un volume de gaz et possédant un système d'étanchéité distinct, par exemple).

Cet essai doit être exécuté sur un dispositif de parafoudre complet. Les éléments internes peuvent être supprimés. Si le parafoudre contient des éléments présentant des systèmes d'étanchéités différents, l'essai doit être réalisé sur un élément représentatif par système d'étanchéité.

6.9.2 Définition du taux de fuite



IEC

Figure 10 – Dispositif de parafoudre

Le taux de fuite indique la quantité de gaz qui franchit les joints étanches de l'enveloppe sous une différence de pression d'au moins 70 kPa, par unité de temps. Si l'efficacité du système

d'étanchéité dépend de la direction du gradient de pression, le cas le plus défavorable doit être pris en considération. Voir Figure 10.

Taux de fuite $= \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t}$ à $|p_1 - p_2| \geq 70$ kPa et à une température de $+20$ °C \pm 15 K,

où:

$$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1);$$

$p_1(t)$ est la pression interne du gaz dans l'enveloppe du parafoudre en fonction du temps (Pa);

p_2 est la pression du gaz à l'extérieur du parafoudre (Pa);

t_1 est l'origine de l'intervalle de temps observé (s);

t_2 est la fin de l'intervalle de temps observé (s);

$$\Delta t = t_2 - t_1;$$

V est le volume interne de gaz du parafoudre (m³).

6.9.3 Préparation de l'échantillon

L'échantillon d'essai doit être neuf et propre.

6.9.4 Procédure d'essai

Le constructeur peut utiliser toute méthode sensible appropriée à la mesure du taux de fuite spécifié et de toute autre différence de pression moyennant une correction appropriée pour les parafoudres.

NOTE Des procédures d'essai sont spécifiées dans l'IEC 60068-2-17.

6.9.5 Evaluation de l'essai

Le taux de fuite maximal (voir 6.9.2) doit être inférieur à:

$$1 \mu\text{W} = 1 \times 10^{-6} \text{ Pa m}^3/\text{s}$$

6.10 Essais d'environnement

6.10.1 Essai de vieillissement climatique des parafoudres à enveloppe synthétique

6.10.1.1 Procédure d'essai

Cet essai doit être exécuté sur des parafoudres de type extérieur uniquement. Il doit être effectué sur le parafoudre présentant la tension U_c la plus élevée et la ligne de fuite spécifique minimale.

Il s'agit d'un essai continu de durée limitée, sous brouillard salin et tension continue constante égale à U_c . Cet essai est effectué dans une enceinte étanche protégée contre la corrosion. Une ouverture n'excédant pas 80 cm² doit être ménagée pour l'évacuation naturelle de l'air. Un turbodiffuseur ou un humidificateur d'ambiance de capacité constante doit être utilisé en guise d'atomiseur d'eau.

Le brouillard doit remplir l'enceinte et ne pas être dirigé directement sur l'échantillon d'essai. Le diffuseur doit être alimenté avec une eau salée préparée avec du NaCl et de l'eau déminéralisée. Le circuit d'essai à courant continu chargé avec un courant de 250 mA côté haute tension ne doit pas présenter de chute de tension supérieure à 5 %.

Le niveau de protection doit être réglé à 1 A. L'échantillon d'essai doit être nettoyé à l'eau déminéralisée avant le début de l'essai.

L'échantillon d'essai doit être soumis à l'essai en position verticale. Un espace suffisant doit être ménagé entre la toiture et les parois de l'enceinte ainsi que l'échantillon d'essai pour éviter toute perturbation du champ électrique. Ces informations doivent se trouver dans les instructions d'installation publiées par le constructeur.

- Durée de l'essai: 1 000 h;
- Débit d'eau: $0,4 \text{ l/h/m}^3 \pm 0,1 \text{ l/h/m}^3$;
- Taille des gouttelettes: $5 \mu\text{m}$ à $10 \mu\text{m}$;
- Température: $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Teneur en NaCl de l'eau: entre 1 kg/m^3 et 10 kg/m^3 .

Le constructeur doit recommander une valeur initiale pour le taux de salinité de l'eau. Le débit d'eau est défini en litres par heure et par mètre cube du volume de l'enceinte d'essai. La recirculation de l'eau n'est pas admise.

Des interruptions de l'essai dues à des contournements sont admises. Si plus d'un contournement se produit, la tension d'essai est coupée. Toutefois, la pulvérisation du brouillard salin doit être poursuivie jusqu'au rinçage du parafoudre à l'eau du robinet. Chaque interruption de la pulvérisation du brouillard salin ne doit pas dépasser 15 min. L'essai doit ensuite être repris avec un taux de salinité plus faible. Si deux contournements ou plus se produisent à nouveau, cette procédure doit être répétée. Ces périodes d'interruption ne doivent pas être comptabilisées dans la durée de l'essai.

La teneur en NaCl de l'eau, le nombre de contournements et la durée des interruptions doivent être enregistrés. Il convient d'enregistrer le nombre de contournements et d'en tenir compte pour l'évaluation de la durée de l'essai.

NOTE Dans cette plage de salinité, un taux de salinité plus faible peut augmenter la sévérité de l'essai. Un taux de salinité plus élevé augmente la probabilité de contournement, ce qui rend difficile la réalisation de l'essai sur les enveloppes de grand diamètre.

6.10.1.2 Evaluation de l'essai

L'essai est considéré comme satisfaisant si:

- aucun cheminement ne se produit (voir l'IEC 61109);
- le revêtement externe n'est pas entièrement transpercé par l'érosion, c'est-à-dire jusqu'au niveau du matériau suivant;
- les ailettes et l'enveloppe ne sont pas perforées;
- la tension de référence mesurée avant et après l'essai n'a pas baissé de plus de 5 %;
- la mesure des décharges partielles effectuée avant et après l'essai est satisfaisante, c'est-à-dire que le niveau des décharges partielles ne dépasse pas 10 pC, conformément à 7.1 c).

6.10.2 Essai de vieillissement accéléré des parafoudres à enveloppe synthétique et des parafoudres à enveloppe en résine moulée

6.10.2.1 Procédure d'essai

Trois échantillons de matériau d'ailette et d'enveloppe doivent être choisis pour cet essai. Lorsque les éléments présentent des marquages, il convient que ceux-ci soient inclus aux échantillons.

L'enveloppe isolante doit être soumise à un essai sous lumière UV de 1 000 h, effectué selon l'une des méthodes d'essai ci-dessous.

Les marquages éventuellement présents sur l'enveloppe doivent être directement exposés à la lumière UV.

- a) Méthodes utilisant des lampes à arc au xénon: ISO 4892-1 et ISO 4892-2 en utilisant la méthode A sans périodes sombres:
- cycle de diffusion standard;
 - température du corps noir mesurée au panneau noir normalisé de 65 °C;
 - éclairage énergétique à environ 550 W/m².
- b) Méthode par UV à fluorescence: ISO 4892-1 et ISO 4892-3 en utilisant une lampe UV fluorescente de type I:
- méthode d'exposition 2.

Les essais sans eau ne doivent pas être employés.

6.10.2.2 Critères d'acceptation

Après l'essai, les marquages présents sur le matériau d'ailette ou d'enveloppe doivent être encore lisibles; les dégradations de surface telles que les fissures et les cloques ne sont pas admises.

En cas de doute concernant ces dégradations, chacun des trois échantillons doit être soumis à deux mesures de rugosité de surface. La profondeur des fissures, R_z selon l'ISO 4287, doit être mesurée sur une longueur d'échantillonnage d'au moins 2,5 mm. R_z ne doit pas dépasser 0,1 mm.

NOTE L'ISO 3274 fournit des précisions concernant les instruments utilisés pour la mesure de la rugosité de surface.

6.10.3 Essai de cycles de températures et essai au brouillard salin des parafoudres à enveloppe en porcelaine et des parafoudres à enveloppe en résine moulée

6.10.3.1 Généralités

Ces essais démontrent, par des procédures d'essai accéléré, que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du parafoudre ne sont pas affectés par les conditions environnementales.

L'essai doit être réalisé sur des éléments de parafoudres complets de toute longueur.

Pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé, les éléments internes peuvent être retirés.

Les parafoudres dont les éléments ne diffèrent qu'en longueur et qui sont par ailleurs de même conception, utilisent les mêmes matériaux et possèdent le même système d'étanchéité dans chaque élément, sont considérés comme étant du même type.

6.10.3.2 Préparation de l'échantillon

Avant les essais, un contrôle d'étanchéité doit être effectué à l'aide d'une méthode sensible appropriée adoptée par le constructeur.

6.10.3.3 Procédure d'essai

Les essais spécifiés ci-après doivent être effectués sur un échantillon dans l'ordre indiqué.

6.10.3.4 Essai de cycles de températures

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai Nb de l'IEC 60068-2-14.

La période chaude doit correspondre à une température d'au moins +40 °C, mais sans excéder +70 °C. La période froide doit correspondre à une température inférieure d'au moins

85 K à la température appliquée en période chaude; toutefois, la température la plus basse en période froide ne doit pas être inférieure à -50 °C :

- gradient de variation de température: 1 K/min;
- durée de chaque palier de température: 3 h;
- nombre de cycles: 10.

6.10.3.5 Essai au brouillard salin

L'essai doit être effectué selon l'Article 4 et 7.6 de l' IEC 60068-2-11:1981.

- concentration en solution saline: $5\% \pm 1\%$ en masse;
- durée de l'essai: 96 h.

6.10.3.6 Evaluation de l'essai

Après les essais, un contrôle d'étanchéité doit être effectué sur chaque parafoudre comme indiqué en 6.10.3.2. Le parafoudre doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il passe avec succès le contrôle d'étanchéité conformément à 6.9.

6.11 Essai de chocs et de vibrations

Le parafoudre installé sur un matériel roulant embarqué doit pouvoir résister à l'essai de chocs et de vibrations conformément à l'IEC 61373.

7 Essais individuels de série et essais de réception

7.1 Essais individuels de série

Dans le cadre des essais individuels de série, le constructeur doit effectuer au minimum les essais suivants:

- a) mesure de la tension de référence U_{ref} en courant continu. Les valeurs mesurées doivent être comprises dans la plage spécifiée par le constructeur;
- b) essai de vérification de la tension résiduelle. Cet essai peut être effectué sur des parafoudres complets ou sur plusieurs varistances à oxyde métallique. Le constructeur doit spécifier un courant de choc de foudre convenable compris entre 1 % et 200 % du courant nominal auquel la tension résiduelle est mesurée. Si elle n'est pas mesurée directement, la tension résiduelle du parafoudre complet est prise comme étant la somme des tensions résiduelles des varistances à oxyde métallique ou des unités de parafoudre individuelles. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur;
- c) essai de décharges partielles internes (voir 6.7);
- d) concernant les parafoudres à enveloppe étanche, un contrôle d'étanchéité doit être effectué sur chaque parafoudre à l'aide d'une méthode sensible appropriée adoptée par le constructeur;
- e) essai de répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes. Cet essai doit être effectué sur tous les ensembles de résistances à oxyde métallique en parallèle. Le constructeur doit spécifier un courant de choc convenable compris entre 1 % et 100 % du courant nominal de décharge auquel le courant traversant chaque colonne doit être mesuré. La valeur de courant la plus élevée ne doit pas être supérieure à la limite maximale spécifiée par le constructeur. Le choc de courant ne doit pas avoir une durée conventionnelle de front inférieure à $7\text{ }\mu\text{s}$. La durée jusqu'à mi-valeur peut prendre n'importe quelle valeur.

7.2 Essais de réception

Lorsque des essais de réception ont été spécifiés par le client dans la commande, les essais suivants doivent être effectués sur le nombre entier inférieur le plus proche de la racine cubique du nombre de parafoudres commandés:

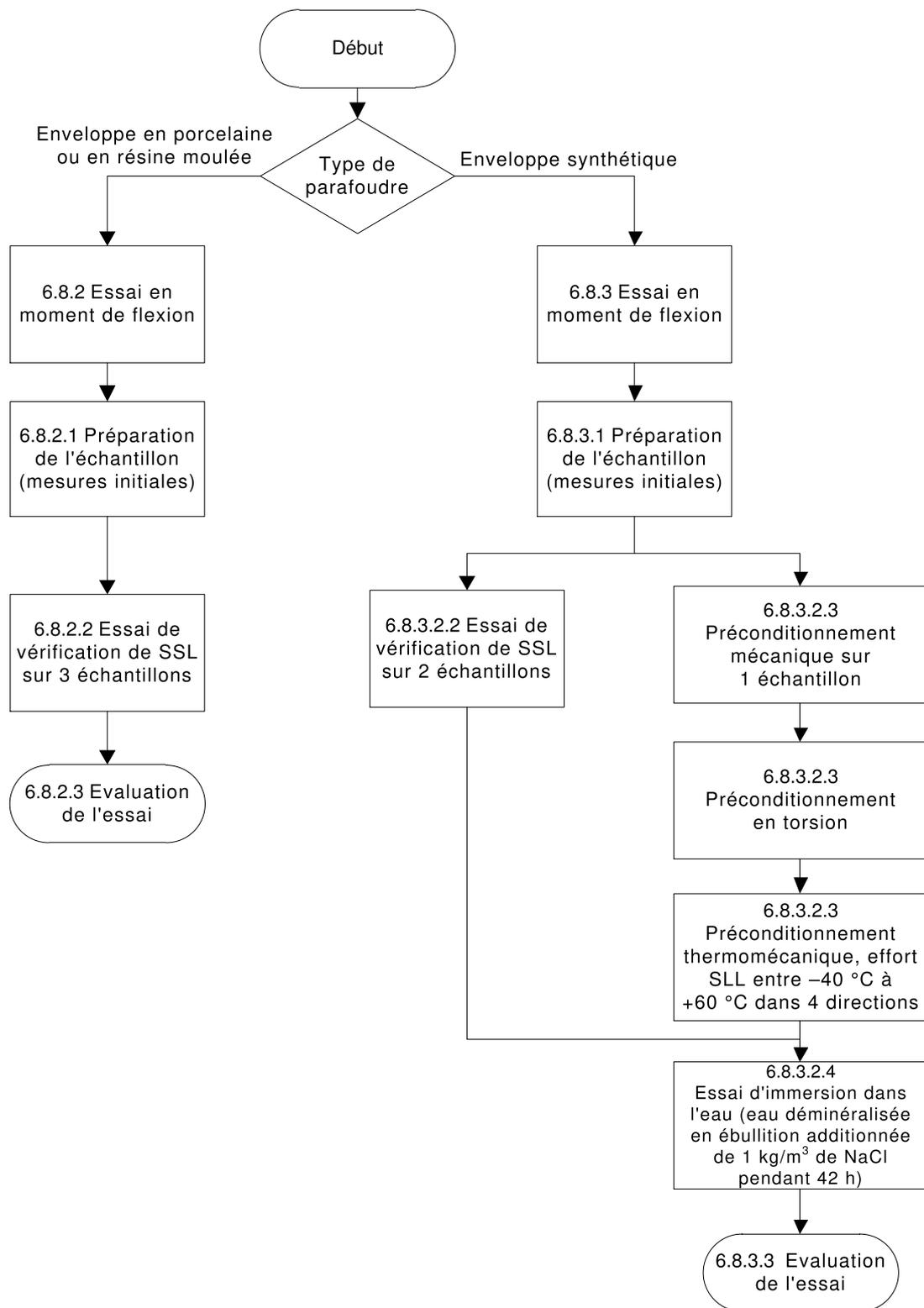
- a) mesure de la tension de référence U_{ref} en courant continu sur le parafoudre complet. Les valeurs mesurées doivent être comprises dans la plage spécifiée par le constructeur;
- b) tension résiduelle aux chocs de foudre sur le parafoudre complet au courant nominal de décharge, quand cela est possible, ou à une valeur de courant choisie conformément à 6.3.3. Dans ce cas, la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue est moins importante et il est inutile de l'obtenir. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur;
- c) essai de décharges partielles internes (voir 6.7).

Toute modification du nombre d'échantillons pour essai ou du type d'essai doit être discutée entre le constructeur et le client.

Annexe A (normative)

Organigramme de la procédure d'essai en moment de flexion

L'organigramme de la procédure d'essai en moment de flexion est représenté à la Figure A.1.



IEC

Figure A.1 – Organigramme de la procédure d'essai en moment de flexion

Annexe B (informative)

Essai de tenue aux chocs de courant de foudre directs

Cet essai est facultatif; il est destiné à mettre en évidence la capacité du parafoudre à supporter le courant de foudre direct.

Avant les essais, la tension de référence et la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge de chaque échantillon d'essai doivent être mesurées à des fins d'évaluation.

Chaque essai de tenue aux chocs de courant de foudre directs doit être effectué sur trois (3) échantillons neufs de parafoudres complets n'ayant subi aucun essai à l'exception de celui spécifié ci-dessus à des fins d'évaluation.

Les essais sont effectués à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

Les échantillons doivent être soumis à la tension continue U_c pendant toute la durée de la séquence d'essai. La tension ne doit pas dévier de plus de $\pm 1\%$ de la valeur spécifiée. Deux chocs de foudre directs consécutifs conformes aux valeurs indiquées dans le Tableau B.1 doivent être appliqués. L'intervalle entre les chocs de foudre directs doit être inférieur à 60 s. L'application de la tension continue U_c doit se poursuivre pendant 30 min après le deuxième choc de foudre direct afin de contrôler la stabilité thermique. L'échantillon est considéré comme thermiquement stable si la valeur de crête du courant de fuite traversant l'échantillon d'essai, la consommation d'énergie ou la température diminue régulièrement pendant les quinze (15) dernières minutes d'application de la tension U_c .

Il est également admis que l'échantillon soit uniquement connecté à la tension continue U_c dans les 100 ms suivant le deuxième choc de foudre direct pendant les 30 min spécifiées pour contrôler la stabilité thermique.

Le choc de foudre direct est défini par la charge Q et la valeur de crête du choc de courant I_{imp} . La valeur de crête de courant I_{imp} du choc de foudre direct doit être atteinte sous 50 μs et la charge assignée Q doit être transférée sous 10 ms.

NOTE La valeur de 10 ms a été choisie pour permettre à la charge complète Q d'être déposée lors de l'essai à l'aide d'un générateur 10/350 μs .

Tableau B.1 – Paramètres du choc de foudre direct

Classe	Charge assignée Q	Courant de foudre direct I_{imp}
	As	kA
DC-A	1,0	2
DC-B	2,5	5
DC-C	7,5	15

D'autres chocs de courant de foudre direct peuvent être choisis après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Pour toutes les décharges de foudres directes, des enregistrements oscillographiques de la tension mesurée aux bornes de l'échantillon d'essai et du courant le traversant doivent être effectués. La charge du choc de foudre direct ne doit pas être inférieure à la valeur assignée et la valeur mesurée de I_{imp} doit être au moins égale à 90 % de la valeur spécifiée. La charge et l'énergie dissipée par l'échantillon d'essai au cours de l'opération doivent être déterminées à partir des oscillogrammes de la tension et du courant. Toutes ces valeurs doivent être consignées dans le rapport d'essais de type.

Une fois la séquence d'essai complète effectuée et l'échantillon d'essai refroidi à une température voisine de la température ambiante, la mesure de la tension de référence et de la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge doit être répétée sur chaque échantillon d'essai en vue de comparer les valeurs mesurées avec celles obtenues avant l'essai.

Le parafoudre est considéré comme ayant passé avec succès l'essai s'il remplit les conditions suivantes:

- il est thermiquement stable;
- la variation de la tension de référence et de la tension résiduelle mesurées avant et après l'essai est inférieure à 5 %;
- l'examen visuel des échantillons d'essai après l'essai ne révèle aucune trace de perforation, aucun contournement, ni aucune fissure sur les résistances variables à oxyde métallique.

Bibliographie

IEC 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Etanchéité*

IEC 60099-4:2009, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif*

IEC 60099-9:2014, *Parafoudres – Partie 9: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour postes de conversion CCHT*

IEC 60850:2014, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

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

IEC 62128-1, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques*

ISO 3274:1996, *Spécification géométrique des produits (GPS) – Etat de surface: Méthode du profil – Caractéristiques nominales des appareils à contact (palpeur)*

EN 50526-2:2014, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Parafoudres et limiteurs de tension pour systèmes à courant continu – Partie 2: Limiteurs de tension*

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
www.iec.ch