

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators with AC voltage greater than 1 000 V and DC voltage greater than 1 500 V – Definitions, test methods and acceptance criteria

Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage de tension supérieure à 1 000 V en courant alternatif et à 1 500 V en courant continu – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2025 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators with AC voltage greater than 1 000 V and DC voltage greater than 1 500 V – Definitions, test methods and acceptance criteria

Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage de tension supérieure à 1 000 V en courant alternatif et à 1 500 V en courant continu – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.080.10

ISBN 978-2-8327-0210-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms.....	12
4 Identification.....	12
5 Environmental conditions.....	12
6 Transport, storage and installation.....	13
7 Tolerances	13
8 Classification of tests.....	14
8.1 Design tests.....	14
8.2 Type tests.....	15
8.3 Sample tests.....	15
8.4 Routine tests.....	15
9 Design tests	18
9.1 General.....	18
9.2 Test specimens.....	18
9.2.1 Tests on interfaces and connections of end fittings.....	18
9.2.2 Tracking and erosion test	19
9.2.3 Tests on core material	19
9.2.4 Tests on core with housing.....	19
9.3 Product specific pre-stressing for tests on interfaces and connections of end fittings.....	19
9.3.1 General	19
9.3.2 Sudden load release.....	19
9.3.3 Thermal-mechanical pre-stress.....	19
9.4 Assembled core load-time tests	20
9.4.1 Test specimens	20
9.4.2 Mechanical load test.....	21
10 Type tests	21
10.1 General.....	21
10.2 Electrical tests on string insulator units	21
10.2.1 General	21
10.2.2 Test specimens	22
10.2.3 Mounting arrangements for electrical tests.....	22
10.2.4 Dry lightning impulse withstand voltage test.....	22
10.2.5 Wet power-frequency voltage tests	22
10.2.6 Wet switching impulse withstand voltage test.....	22
10.2.7 Corona and radio interference voltage (RIV) tests.....	22
10.2.8 Power arc test	23
10.3 Damage limit proof test and test of the tightness of the interface between end fittings and insulator housing.....	23
10.3.1 Test specimens	23
10.3.2 Performance of the test	23

10.3.3	Evaluation of the test	24
11	Sample tests	25
11.1	General rules	25
11.2	Verification of dimensions (E1 + E2)	25
11.3	Verification of the end fittings (E2)	26
11.4	Verification of tightness of the interface between end fittings and insulator housing (E2) and of the specified mechanical load, SML (E1)	26
11.5	Galvanizing test (E2)	26
11.6	Minimum sheath thickness (E1)	27
11.7	Re-testing procedure	27
12	Routine tests	28
12.1	Mechanical routine test	28
12.2	Visual examination	29
Annex A	(informative) Principles of the damage limit, load coordination and testing for composite suspension and tension insulators	30
A.1	Introductory remark	30
A.2	Load-time behaviour and the damage limit	30
A.3	Service load coordination	31
A.4	Verification tests	33
Annex B	(informative) Example of two possible devices for sudden release of load	35
B.1	Device 1 (Figure B.1)	35
B.2	Device 2 (Figure B.2)	35
Annex C	(informative) Guidance on non-standard mechanical stresses and dynamic mechanical loading of composite insulators	37
C.1	Introductory remark	37
C.2	Torsion loads	37
C.3	Compressive (buckling) loads	37
C.4	Bending loads	38
C.5	Dynamic mechanical loads	38
C.6	Limits	39
Annex D	(informative) Electric field control for AC	40
Annex E	(informative) Typical sketches for composite insulator assemblies	42
Annex F	(informative) Mechanical evaluation of the adhesion between core and housing	43
F.1	General	43
F.2	Method A: Pull-off test	44
F.2.1	General	44
F.2.2	Specimens	44
F.2.3	Procedure	44
F.3	Method B: Peel test	46
F.3.1	General	46
F.3.2	Specimens	46
F.3.3	Procedure	47
F.4	Method C: Shear test	48
F.4.1	General	48
F.4.2	Specimens	48
F.4.3	Procedure	48
Annex G	(informative) Applicability of design and type tests for DC applications	49
Bibliography		51

Figure 1 – Thermal-mechanical pre-stressing.....	20
Figure 2 – Examples for 1 min SML withstand test.....	24
Figure 3 – Location for minimum sheath thickness measurement.....	27
Figure 4 – Method of re-testing at different stages.....	28
Figure A.1 – Load-time strength and damage limit of a core assembled with fittings.....	31
Figure A.2 – Graphical representation of the relationship of the damage limit to the mechanical characteristics and service loads of an insulator with a 16 mm diameter core and an SML rating of 133 kN.....	32
Figure A.3 – Applied specific force relationship, example 1.....	32
Figure A.4 – Applied specific force relationship, example 2.....	33
Figure A.5 – Test loads.....	34
Figure B.1 – Example of possible device 1 for sudden release of load.....	35
Figure B.2 – Example of possible device 2 for sudden release of load.....	36
Figure C.1 – Example of compression loads in V-string assemblies.....	38
Figure C.2 – Buckling of composite insulator in a phase-to-phase configuration.....	38
Figure D.1 – Example for electrical field vectors on a composite insulator.....	41
Figure E.1 – Interface description for insulator with housing made by modular assembly and external sealant.....	42
Figure E.2 – Interface description for insulator with housing made by injection molding and overmolded end fitting.....	42
Figure F.1 – Example for type of housing separation.....	43
Figure F.2 – Example of specimen mounted in a tensile test machine.....	45
Figure F.3 – Example of test object for pull-off test and application clamping and force.....	45
Figure F.4 – Relevant dimensions for the calculation of the area of the pull-off section.....	46
Figure F.5 – Example of test specimen for peel test.....	47
Figure F.6 – Method of peel test and tested specimens after peel test.....	47
Figure F.7 – Method of shear test and tested samples after shear test with cohesive bonding, sample passed the test.....	48
Table 1 – Normal environmental conditions.....	13
Table 2 – Tests to be carried out after design changes.....	16
Table 3 – Design tests.....	18
Table 4 – Application and mounting arrangements for electrical tests.....	23
Table 5 – Sample sizes.....	25
Table G.1 – Design and type tests for DC applications.....	49

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATORS FOR OVERHEAD LINES
COMPOSITE SUSPENSION AND TENSION INSULATORS
WITH AC VOLTAGE GREATER THAN
1 000 V AND DC VOLTAGE GREATER THAN 1 500 V –
DEFINITIONS, TEST METHODS AND ACCEPTANCE CRITERIA**

FOREWORD

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

IEC 61109 has been prepared by subcommittee 36B: Insulators for overhead lines, of IEC technical committee 36: Insulators. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) extension of this document to apply both to AC and DC systems;
- b) modifications of Clause 3, Terms, definitions and abbreviations;
- c) removal of Clause 7, Hybrid insulators, from this document;

- d) modifications of tests procedures recently included in IEC 62217 (hydrophobicity transfer test, stress corrosion, water diffusion test on the core with housing);
- e) modifications on environmental conditions;
- f) modifications on classification of tests and include the relevance of the interfaces;
- g) clarification and modification of the parameters determining the need to repeat design and type tests;
- h) revision of Table 1;
- i) revision of electrical type tests;
- j) revision of re-testing procedure of sample test;
- k) addition of a new Annex D on electric field control for AC;
- l) addition of a new Annex E on typical sketch for composite insulators assembly;
- m) addition of a new Annex F on mechanical evaluation of the adhesion between core and housing;
- n) addition of a new Annex G on applicability of design- and type tests for DC applications.

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

Draft	Report on voting
36/609/FDIS	36/611/RVD

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

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

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

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 62217:2012.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

Composite suspension and tension insulators (in the following the term "composite insulator" is used) consist of fibreglass insulating core, bearing the mechanical load protected by a polymeric housing, the load being transmitted to the core by metallic end fittings. Despite these common features, the materials used and the design details and manufacturing process used by different manufacturers may differ.

Some tests have been grouped together as "Design tests", to be performed only once on insulators which satisfy the same design conditions. For all design tests of these composite insulators, the appropriate common clauses defined in IEC 62217 are applied. As far as practical, the influence of time on the electrical and mechanical properties of its components (core, housing, interfaces etc.) and of the complete composite insulators has been considered in specifying the design tests to ensure a satisfactory lifetime under normally known stress conditions of transmission lines. Explanation of the principles of the damage limit, load coordination and testing are presented in Annex A.

It has not been considered useful to specify a power arc test as a mandatory test. The test parameters are manifold and can have very different values depending on the configurations of the network and the supports and on the design of arc-protection devices. The heating effect of power arcs need to be considered in the design of metal fittings. Critical damage to the metal fittings resulting from the magnitude and duration of the short-circuit current can be avoided by properly designed arc-protection devices. This document, however, does not exclude the possibility of a power arc test by agreement between the manufacturer and customer. IEC 61467 gives details on AC power arc testing of complete insulator sets, that match their configuration with actual protective and string fittings, to recreate the real electromagnetic field affecting the arc movement.

This document covers both AC and DC composite insulators. Before the appropriate standard for DC applications is issued, the majority of tests listed in this document can also be applicable for DC (Annex G). Due to the difference in AC and DC tracking performance, a specific tracking and erosion test procedure for DC applications as a design test is planned to be developed. The 1 000 h AC tracking and erosion test of IEC 62217 can be used only to establish a minimum requirement for the tracking and erosion resistance. This 1 000 h salt fog tracking and erosion test is considered as a screening test intended to reject materials in combination with the design which are inadequate. Tracking and erosion tests are not intended to evaluate long term performance of insulators. Such tests, e.g. the 5 000 h multiple stress test and wheel test in IEC TR 62730 [1]¹, or other tests intended for research or sometimes used as a supplementary design test, are not considered in this document.

Composite suspension and tension insulators are, in general, not intended for torsion or other non-tensile loads. However, due to consideration to non-standard applications (interphase spacers etc.) loads during handling and installation have to be considered in the design. Guidance on non-standard loads is given in Annex C.

Wherever possible, IEC Guide 111 [2] has been followed for the drafting of this document.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

**INSULATORS FOR OVERHEAD LINES
COMPOSITE SUSPENSION AND TENSION INSULATORS
WITH AC VOLTAGE GREATER THAN
1 000 V AND DC VOLTAGE GREATER THAN 1 500 V –
DEFINITIONS, TEST METHODS AND ACCEPTANCE CRITERIA**

1 Scope

This International Standard applies to composite insulators for overhead lines consisting of a load-bearing cylindrical insulating solid core consisting of fibres – usually glass – in a resin-based matrix, a housing (surrounding the insulating core) made of polymeric material and metal end fittings permanently attached to the insulating core.

Composite insulators covered by this document are intended for use as suspension/tension line insulators, but these insulators could occasionally be subjected to compression or bending, for example when used as interphase-spacers. Guidance on such loads is outlined in Annex C.

The object of this document is to

- define the terms used,
- specify test methods,
- specify acceptance criteria.

This document does not include requirements dealing with the choice of insulators for specific operating conditions or environments beyond normal environmental conditions defined in Table 1.

2 Normative references

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

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

IEC 60383-1, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – Part 1: Ceramic or glass insulator units for AC systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 60383-2, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 2: Insulator strings and insulator sets for AC systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 60437, *Radio interference test on high-voltage insulators*

IEC 61284, *Overhead lines – Requirements and tests for fittings*

IEC 61466-1, *Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Part 1: Standard strength classes and end fittings*

IEC 61467, *Insulators for overhead lines – Insulator strings and sets for lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – AC power arc tests*

IEC 62217:—², *Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use – General definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 62231, *Composite station post insulators for substations with AC voltages greater than 1 000 V up to 245 kV – Definitions, test methods and acceptance criteria*

ISO 3452 (all parts), *Non-destructive testing – Penetrant testing*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

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

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

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

Note 1 to entry: Certain terms from IEC 62217:2012 are reproduced here for ease of reference. Additional definitions applicable to insulators can be found in IEC 60050-471 [3].

3.1 Terms and definitions

3.1.1

polymeric insulator

insulator whose insulating body consists of at least one organic based material

Note 1 to entry: Polymeric insulators are also known as non-ceramic insulators.

Note 2 to entry: Coupling devices may be attached to the ends of the insulating body.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-13]

3.1.2

composite insulator

insulator made of at least two insulating parts, namely a core and a housing equipped with end fittings

Note 1 to entry: Composite insulators can consist either of individual sheds mounted on the core, with or without an intermediate sheath, or alternatively, of a housing directly moulded or cast in one or several pieces on to the core.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-02]

3.1.3

core (of an insulator)

central insulating part of an insulator which provides the mechanical characteristics

Note 1 to entry: The housing and sheds are not part of the core.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-03]

² Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/RFDIS 62217:2025.

3.1.4

insulator trunk

central insulating part of an insulator from which the sheds project

Note 1 to entry: Also known as shank on smaller insulators.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-11]

3.1.5

housing

external insulating part of composite insulator providing the necessary creepage distance and protects the core from the environment

Note 1 to entry: An intermediate sheath made of insulating material may be part of the housing.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-09]

3.1.6

shed (of an insulator)

insulating part, projecting from the insulator trunk, intended to increase the creepage distance

Note 1 to entry: The shed can be with or without under-ribs.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-15]

3.1.7

interface

contact surface between the different materials

Note 1 to entry: Various interfaces exist in composite insulators, e.g.:

- between housing and end fittings;
- between various parts of the housing; e.g. between separately manufactured sheds, or between sheath and sheds;
- between core and housing;
- between sealant and core;
- between sealant and end fittings.

(Annex E: Typical sketches for composite insulator assemblies)

[SOURCE: IEC 62217:—, 3.11, modified – "contact" added in definition, Note 1 to entry modified]

3.1.8

end fitting

integral component or formed part of an insulator intended to connect it to a supporting structure, or to a conductor, or to an item of equipment, or to another insulator

Note 1 to entry: Where the end fitting is metallic, in general the term "metal fitting" is used.

Note 2 to entry: Standard end fittings are defined in IEC 61466-1.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-06]

3.1.9

connection zone

zone where the mechanical load is transmitted between the core and the end fitting

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.13, modified – "insulating body and the fixing device" replaced by "core and the end fitting"]

**3.1.10
coupling**

part of the end fitting which transmits the load to the accessories external to the insulator

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.14, modified – "fixing device" replaced by "end fitting", "hardware" replaced by "accessories"]

**3.1.11
creepage distance**

shortest distance or the sum of the shortest distances along the surface on an insulator between two conductive parts which normally have the operating voltage between them

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-04]

**3.1.12
arcing distance**

shortest distance in the air external to the insulator between the metallic parts which normally have the operating voltage between them

Note 1 to entry: The term "dry arcing distance" is also used.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

**3.1.13
specified mechanical load****SML**

withstand load, specified by the manufacturer, which is used for mechanical tests in this document

**3.1.14
routine test load****RTL**

load applied to all assembled composite insulators during a routine mechanical test

**3.1.15
mechanical failing load**

maximum load that is reached when the insulator is tested under the standard conditions

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-12, modified – "prescribed" replaced by "standard", Note 1 to entry removed]

**3.1.16
insulator set**

assembly of one or more insulator strings suitably connected together, complete with end fittings and protective devices as required in service

Note 1 to entry: The terms "arcing and field grading devices" is also used for protective devices.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-03-02]

**3.1.17
string insulator unit**

cap and pin insulator or long rod insulator of which the end fittings are suitable for flexible attachment to other similar string insulator units or to connecting accessories

Note 1 to entry: Cap and pin insulators are not composite insulators and are not part of this document.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-03-08]

3.1.18 sealing

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

Note 1 to entry: Contaminants include pollution and moisture.

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

3.1.19 sealant

additional material used for sealing

Note 1 to entry: Typically RTV-silicones are used for composite insulators.

Note 2 to entry: See sealant in Annex E: Typical principles sketch for composite insulators assembly.

3.1.20 grading/corona ring

protective devices made from metal attached to the composite insulator end fitting or intermediate string fitting intended to keep the electric field anywhere along the surface of composite insulator below the specified maximum value

3.2 Abbreviated terms

The following abbreviated terms are used in this document:

E1, E2	Sample sets for sample tests
M_{AV}	Average 1 min failing load of the core assembled with fittings
RTL	Routine test load
RTV	Room-temperature-vulcanizing silicone
SML	Specified mechanical load

4 Identification

In addition to the requirements of IEC 62217, each insulator shall be marked with the SML.

It is recommended that each insulator is marked or labelled by the manufacturer to show that it has passed the routine mechanical test.

5 Environmental conditions

The normal environmental conditions to which insulators are submitted in service are defined in IEC 62217 and shown in Table 1. Terms are defined as follows:

- Indoor environment: installation within a building or other construction where the insulators are protected against wind, rain, snow, periodical fast-built pollution deposits, abnormal condensation, ice and hoar frost.
- Outdoor environment: installation in open air outside any building or shelter, where the insulators are submitted to wind, rain, snow, periodical fast-built pollution deposits, high condensation, ice and hoar frost.

If service conditions of polymeric insulators deviate significantly from the parameters in Table 1, the insulator is to be designed or evaluated according to agreement between the customer and manufacturer. Alternatively, if positive service experience ("i.e. no failures") is available for a specific environment and specific insulator design (including material and profile), the insulator can be used for this specific environment, deviating from normal environmental conditions.

Table 1 – Normal environmental conditions

	Indoor insulation	Outdoor insulation
Maximum ambient air temperature ^a	Does not exceed 40 °C and its average value measured over a period of 24 h does not exceed 35 °C	
Minimum ambient air temperature ^b	–25 °C	–40 °C
Vibration	Negligible vibration due to causes external to the insulators or to earth tremors ^c .	
Solar radiation ^d	Not applicable	Up to a level of 1 120 W/m ²
Site pollution severity ^e	No significant pollution by dust, smoke, corrosive and/or flammable gases, vapours, or salt.	Pollution by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt occurs. Pollution does not exceed SPS class "heavy" as defined in IEC TS 60815-1 [5].
Humidity ^f	No rain, snow, abnormal humidity, condensation, ice and hoar frost	Rain, snow, abnormal humidity, condensation, ice and hoar frost occur.
^a If exceeded, follow the recommendations of IEC TR 62039 [5] for the core and adhesive materials (like glue) in "glass transition temperature" section. ^b In general, temperatures below –40 °C are non-critical for service. However, for handling and installation the crystallization temperature of the polymeric housing is to be considered. For line installations with temperatures below –20 °C, special steel grades with low ductile transition temperature can be specified. ^c Vibration due to external causes can be dealt with in accordance to IEC 60721-1 [6]. ^d For outdoor application, the influence of deviation from the assumed level of 1 120 W/m². depends on the insulator material. If service conditions of polymeric insulators deviate significantly from the parameters in Table 1, the insulator is to be designed/evaluated taking into account relevant service experience. In the absence of significant service experience, special tests simulating the solar radiation condition of the installation area have to be carried out. ^e In general, pollution is not an issue for indoor insulators. In particular cases, such as DC. indoor conditions, the insulators can accumulate some contamination due to DC electrical field. However, the pollution flashover phenomena cannot develop when the humidity is controlled. For outdoor conditions the requirements of IEC 62217 are specified for stresses arising in relatively harsh but not extreme environments (see e.g. hydrophobicity verification and tracking and erosion tests for which criteria are provided in IEC 62039). ^f Insulator for indoor applications can also be used in presence of limited deviations from the above conditions if positive service experience "i.e. no failures" is available and condensation occurs only occasionally. To limit condensation-related phenomena, the average value of the normal humidity condition, measured over a period of 24 h does not exceed 95 % and when measured over a period of one month, does not exceed 90 %. Exceeding these values is considered as abnormal humidity condition.		

6 Transport, storage and installation

In addition to the requirements of IEC 62217, information on handling of composite insulators can be found in CIGRE TB 184 [7] and TB 919 [9]. During installation, or when used in non-standard configurations, composite insulators may be submitted to high torsion, compression or bending loads for which they are not designed. Annex C gives guidance for such loads.

Where required the assembly instruction of the grading/corona rings should be supplied to the client, containing the correct positioning and installation of the grading/corona rings on the insulators.

7 Tolerances

Unless otherwise agreed, a tolerance of

$$\pm (0,04 \times d + 1,5) \text{ mm when } d \leq 300 \text{ mm,}$$

$$\pm (0,025 \times d + 6) \text{ mm when } d > 300 \text{ mm with a maximum tolerance of } \pm 50 \text{ mm}$$

shall be allowed on all dimensions for which specific tolerances are not requested or given on the insulator drawing (d being the dimension in millimeters).

The measurement of creepage distances shall be related to the design dimensions and tolerances as determined from the insulator drawing, even if this dimension is greater than the value originally specified. When a minimum creepage is specified, the negative tolerance for minimum creepage distance is zero.

In the case of insulators with creepage distance exceeding 3 m, it is allowed to measure a short section around 1 m long of the insulator and to extrapolate, provided that the unmeasured lengths have the same shed diameters, profiles and spacing as the measured section on which the extrapolation is based.

8 Classification of tests

8.1 Design tests

These tests are intended to verify the suitability of the design, materials and method of manufacture (technology). A composite insulator design is defined by the following elements:

- Housing materials, including their formulation and manufacturing process.
- Core materials.
- End fittings materials, their manufacturing process and method of attachment (excluding the coupling).
- Thickness of the housing surrounding the core (including a sheath where used).
- Diameter of the core.
- Interfaces
 - Core/housing interface design including type of coupling agent (primer) and assembly;
 - Housing/end fitting interface design;
 - Core end fitting interface;
 - Trunk/shed interface and trunk/trunk interface (if applicable).

When changes in the design occur, re-qualification shall be carried out in accordance with Table 2.

When a composite insulator is submitted to the design tests, it becomes an equivalent design insulator for a given design and the results shall be considered valid for that design only. This tested equivalent design insulator defines a particular design of insulators which have all the following characteristics:

- a) same materials (including their formulations) for the core and housing and same manufacturing method (including an assembly process of the housing);
- b) same material of the fittings, the same core/end fitting interface design, and the same housing-to-fitting interface geometry;
- c) same or greater minimum layer thickness of the housing surrounding the core (including a sheath where used);
- d) same or smaller stress under mechanical loads;

NOTE As an example, the SML can serve as mechanical reference load. The stress is calculated by dividing the load by the cross-sectional area of the core.

- e) same or greater diameter of the core;
- f) equivalent housing profile parameters; see Note (a) in Table 2.

8.2 Type tests

The type tests are intended to verify the main characteristics of a composite insulator, which depend mainly on its shape and size. They also confirm the mechanical characteristics of the assembled core (see Clause A.4). They are made on insulators whose class has satisfied the design tests.

An insulator type is electrically defined by the arcing distance, creepage distance, inclination, overhang and spacing of the sheds of an insulator.

Furthermore, outlines the insulator design characteristics that, when changed, also require a repeat of the electrical type tests.

An insulator type is mechanically defined by a maximum SML for the given core diameter, method of attachment and coupling design. The typical coordination between SML and service loads can be found in Annex A.

The mechanical type tests shall be performed only once on insulators satisfying the criteria for each type.

Furthermore, Table 2 indicates additional insulator design characteristics that, when changed, require a repeat of the mechanical type tests.

8.3 Sample tests

The sample tests are for the purpose of verifying other characteristics of composite insulators, including those which depend on the quality of manufacture and on the materials used. They are made on insulators taken at random from lots offered for acceptance.

8.4 Routine tests

The aim of these tests is to eliminate composite insulators with manufacturing defects. Routine tests are carried out on every composite insulator.

Table 2 – Tests to be carried out after design changes

If the change in insulator design concerns:				THEN the following tests shall be repeated:											
				Design tests								Type tests			
		IEC 62217	IEC 61109	IEC 62217 Tests on housing material						IEC 62217 Tests on core material with housing				IEC 61109	
		Interfaces and connections of end fittings	Assembled core load-time tests	Hardness test	Accelerated weathering test	Tracking and erosion test	Flammability test	Hydrophobicity transfer test	Dye penetration test	Water diffusion test	Stress corrosion test	Water diffusion test on core with housing	Electrical type tests	Mechanical tests	
1	Housing														
1a	Material, formulation ¹ or manufacturing process ²	X	X	X	X ^{d)}	X	X ^{d)}	X ^{e)}				X			
1b	Assembly process ²	X ^{b)}				X								X ^{b)}	
1c	Profile					X ^{a)}							X ^{a)}		
2	Core														
2a	Material, formulation or manufacturing process ³	X	X						X	X	X ^{a),d),e)}	X		X	
2b	Diameter	X ^{b),c)}	X ^{b),c)}			X ^{b)}			X ^{b)}	X ^{b)}		X ^{b)}		X ^{b),c)}	
3	End fitting														
3a	Material or manufacturing or assembly process ⁴	X	X											X	
3b	End fitting connection zone design ⁵	X	X											X	
3c	Coupling type													X	
4	Interface														
4a	Core/ housing interface design ⁶	X										X			
4b	Housing/end fitting interface design ⁷	X				X								X	
4c	Trunk and shed interface design ⁸	X				X						X			

a) Not necessary if thickness of the housing surrounding the core (including a sheath where used) is equal or greater than that of the equivalent design insulator. The following relative numbers as tolerances are provided as a reference, which do not constitute a change of the profile: – shed overhang: ±10 %; – shed thickness at base and tip: ±15 %; – shed spacing: ±15 %; – shed inclinations: ±3°; – shed repetition: identical. These relatively strict tolerances can result in an increased demand for the tracking and erosion testing due to varieties of today's housing profiles. Especially profile parameters as shed overhang and shed spacing may create such variations. Therefore, deviations of a candidate profile, exceeding the above stated tolerances for shed overhang and shed spacing, can be aligned between manufacturer and a customer if a candidate profile does not exceed minor deviations defined in IEC TS 60815-3 [8] for shed overhang and shed spacing compared to successfully tested shed profiles in the tracking and erosion test. Then the candidate profile parameters shall be in between tested profile parameters. b) Variations of the core diameter within ± 15 % do not constitute a change. c) Not necessary if the stress under mechanical loads is the same or smaller. d) Not necessary for change in manufacturing process without material change. e) Applicable to materials that shall show this property.	1 Housing materials / formulations: Ethylene Propylene Diene Monomer, High Temperature Vulcanized Silicone, Liquid Silicone Rubber, Room Temperature Vulcanizing Silicone, etc. Formulation: any changes in the material formulation, either by changes of ingredients or their dosage (can be verified by incoming inspection e.g. Fingerprint test acc CIGRE TB 595 [10]). 2 Housing manufacturing /assembly process: Manufacturing: injection moulding, modular process, one-piece compression moulding. Assembly: shed and sheath are assembled separately. 3 Core materials (Polyester resin, Epoxy resin, ...), their formulation (e.g. glass content) and their manufacturing process (e.g. pultrusion, filament winding). 4 End fittings materials (steel, ductile iron, malleable iron) and their manufacturing process method (forging, casting) and method of attachment (excluding the coupling). 5 End fitting connection zone design: Interfaces core/end fitting interface design (e.g. crimping surface: core diameter & crimp length, roughness ...). 6 Interfaces core/housing interface design incl. type of coupling agent (primer) and assembly. 7 Interfaces housing/end fitting (e.g. overmoulded / non-overmoulded). 8 Interfaces trunk/sheds and trunk/trunk if applicable. NOTE Sketches of the different kinds of interfaces are shown in Annex E.
--	--

9 Design tests

9.1 General

These tests consist of the tests specified in IEC 62217 and a specific assembled core load-time test as listed in Table 3. The design tests are performed only once, and the results are recorded in a test report. Each part can be performed independently on new test specimens, where appropriate. The composite insulator of a particular design shall be qualified only when all insulators or test specimens pass the design tests.

Table 3 – Design tests

Tests on interfaces and connections of end fittings
Reference disruptive-discharge dry power frequency test
Pre-stressing – Sudden load release pre-stressing Thermal-mechanical pre-stressing (see 9.3.1 and 9.3.2)
Water immersion pre-stressing
Verification tests
Visual examination
Steep-front impulse voltage test
Dry power-frequency voltage tests
Tests on housing material
Hardness test
Accelerated weathering test
Tracking and erosion test – see 9.2.2 for specimens
Flammability test
Hydrophobicity transfer test
Tests on core material – see 9.2.3 for specimens
Dye penetration test
Water diffusion test
Stress corrosion test
Tests on core with housing – see 9.2.4 for specimens
Water diffusion test on the core with housing
Assembled core load-time test – see 9.4 for specimens
Determination of the average failing load of the core of the assembled insulator
Verification of the 96 h withstand load

The applicability of design tests for direct current (DC) applications is shown in Annex G.

9.2 Test specimens

9.2.1 Tests on interfaces and connections of end fittings

Three production insulators shall be tested. The insulation length (metal to metal spacing) shall not be less than 800 mm. Both end fittings shall be the same as used on standard production insulators. The end fittings shall be assembled so that the insulating part from the fitting to the closest shed shall be identical to that of the production line insulator. If spacers, joining rings or other components creating interfaces are used in the insulator design (notably for longer insulators), the sample shall include any such devices in a typical position.

NOTE 1 A fourth insulator might be necessary for calibration of the steep-front impulse voltage test circuit.

NOTE 2 If the manufacturer only has facilities to produce insulators shorter than 800 mm, the design tests can be performed on insulators with available length, but the results are only valid for up to the lengths tested.

9.2.2 Tracking and erosion test

If spacers, joining rings or other components creating interfaces are used in the insulator design (notably for longer insulators), the samples for this test shall include any such devices in a typical position.

Creepage distance of the sample shall be between 500 mm and 800 mm as specified in IEC 62217. If the inclusion of spacers or joints, as mentioned above, requires a longer creepage distance, the design tests may be performed on insulators of lengths that provide leakage distances as close to 800 mm as possible. If the manufacturer only has facilities to produce insulators with creepage shorter than 500 mm, the design tests may be performed on insulators of available lengths, but the results are only valid for up to the tested lengths.

9.2.3 Tests on core material

The specimens, test method and acceptance criteria shall be as specified in IEC 62217.

9.2.4 Tests on core with housing

The specimens, test method and acceptance criteria shall be as specified in IEC 62217.

NOTE Annex F describes additional mechanical methods applicable to verify the level of adhesion core/housing. For design tests, method A is preferable. If both water diffusion test on core with housing and pull-off tests are performed, the same specimens used first in water diffusion test on core with housing can be used for the pull-off test as described in Annex F.

9.3 Product specific pre-stressing for tests on interfaces and connections of end fittings

9.3.1 General

The tests shall be carried out on the three specimens in the sequence as indicated in this subclause.

9.3.2 Sudden load release

The purpose of this test is the pre-stressing all interfaces and connections including the interface of shed and trunk. It is not related to the connection of the end fittings only.

With the insulator at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ at the start of the test, every test specimen is subjected to five sudden load releases from a tensile load amounting to 30 % of the SML hold for at least 1 min.

Annex B describes two examples of possible devices for sudden load release. If another process/device is used, the time of sudden load release shall be $< 50\text{ ms}$.

NOTE In certain cases, a lower temperature can be selected by agreement.

9.3.3 Thermal-mechanical pre-stress

Before commencing the test, the specimens shall be loaded at the ambient temperature by at least 5 % of the SML for 1 min, during which the length of the specimens shall be measured to an accuracy of 0,5 mm. This length shall be the reference length.

The specimens are then submitted to temperature cycles under a continuous mechanical load as described in Figure 1, the 24 h temperature cycle being performed four times. Each 24 h cycle has two temperature levels with a duration of at least 8 h, one at $(+50 \pm 5) ^\circ\text{C}$, the other at $(-35 \pm 5) ^\circ\text{C}$. The cold period shall be at a temperature at least 85 K below the value actually applied in the hot period. The pre-stressing can be conducted in air or any other suitable medium.

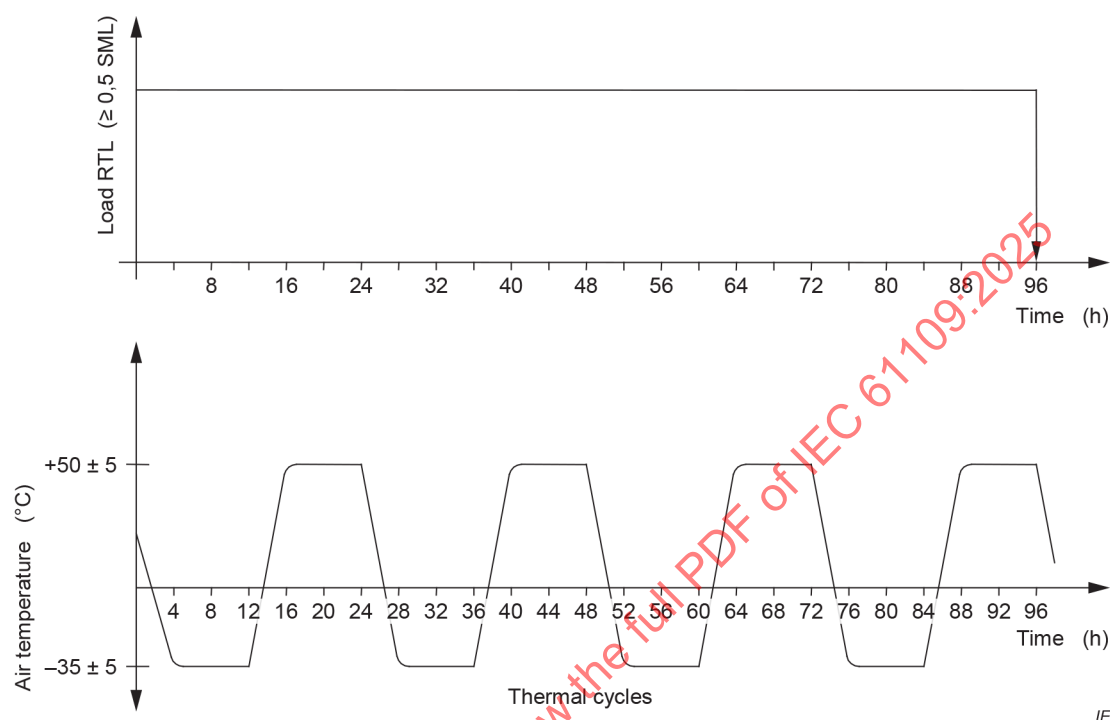


Figure 1 – Thermal-mechanical pre-stressing

The applied mechanical load shall be equal to the RTL (at least 50 % of the SML) of the specimen. The specimen shall be loaded at ambient temperature before beginning the first thermal cycle.

The cycles may be interrupted for maintenance of the test equipment for a total duration of 2 h. The starting point after any interruption shall be the beginning of the interrupted cycle.

After the test, the length shall again be measured in a similar manner at the same load and at the original specimen temperature (this is done in order to provide some additional information about the relative movement of the metal fittings).

NOTE 1 The temperatures and loads in this pre-stressing are not intended to represent service conditions, they are designed to produce specific reproducible stresses in the interfaces on the insulator.

NOTE 2 In certain cases, a lower temperature can be selected by agreement.

9.4 Assembled core load-time tests

9.4.1 Test specimens

Six insulators made on the production line shall be tested. The insulation length (metal to metal spacing) shall be not less than 800 mm. Both end fittings shall be identical in all aspects to those used on production line insulators, except that they may be modified beyond the end of the connection zone in order to avoid failure of the couplings.

The six insulators shall be examined visually and a check made that their dimensions conform with the drawing.

NOTE If the manufacturer only has facilities to produce insulators shorter than 800 mm, the design tests can be performed on insulators of available lengths, but the results are only valid for up to the tested lengths.

9.4.2 Mechanical load test

9.4.2.1 General

This test is performed in two parts at ambient temperature.

9.4.2.2 Determination of the average failing load of the core of the assembled insulator (M_{AV})

Three of the composite insulators shall be subjected to a tensile load. The tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero to approximately 75 % of the SML and shall then be gradually increased in a time between 30 s and 90 s to the SML. Once the SML is reached, the load is gradually increased until breakage of the core or complete pull-out occurs. The average of the three failing loads M_{AV} shall be calculated.

9.4.2.3 Verification of the 96 h withstand load

The remaining three composite insulators shall be subjected to a tensile load. The tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero up to 60 % of M_{AV} , as calculated in 9.4.2.2 and then maintained at this value for 96 h without failure (breakage or complete pull-out). If for any reason the load application is interrupted, then the test shall be restarted on a new specimen.

10 Type tests

10.1 General

The applicability of type tests for DC applications is given in Annex G.

10.2 Electrical tests on string insulator units

10.2.1 General

The electrical type tests shall be performed only once on composite insulators satisfying conditions given in Table 2. If protective arcing and electric field control grading devices are used in service and are an integral part of a given insulator design, they shall be used in the electrical testing of string insulator units according to a manufacturer drawing and specification.

Electrical tests specified in this document are part of a product type testing and are valid for given string insulator units. Such tests and their test results differ from fully assembled insulator sets due to associated protective fittings and conductor configuration and therefore it is necessary to define if the specified electrical values are for the insulator unit alone or for the complete insulator set. The application of string insulator units and insulator sets are given in Table 4.

Interpolation of electrical test results may be used for string insulator units of intermediate length, provided that the factor between the arcing distances of the insulators whose results from the end points of the interpolation range is less than or equal to 1,5. Extrapolation is not allowed.

Test values and procedures generally depend on application (indoor, outdoor, installation) and are therefore to be applied with respect to the customer's specification.

NOTE The electrical type tests of string insulator units can be performed under customer specific conditions if required and agreed between manufacturer and customer.

10.2.2 Test specimens

One insulator taken from the production line shall be used for each test. The insulator shall be examined visually and checked to see that the dimensions conform with the drawing.

If a string insulator unit is fitted with electric field grading rings as integral parts and those are specified in a manufacturer's product drawing, they shall be used in the testing.

10.2.3 Mounting arrangements for electrical tests

The mounting arrangements for electrical tests on string insulator units shall be as specified in Table 4.

The testing shall be done according to IEC 60060-1.

10.2.4 Dry lightning impulse withstand voltage test

The test circuit, test voltage and test procedure shall be in accordance with the criteria stated in IEC 60060-1.

The test is applicable to string insulator units to be used in indoor and outdoor applications.

10.2.5 Wet power-frequency voltage tests

Wet power frequency withstand voltage test shall be preferably done.

Wet power frequency disruptive-discharge voltage test could be done additionally.

The test circuit, test voltage and test procedure shall be in accordance with the criteria stated in IEC 60060-1.

The testing under wet condition is applicable to composite string insulator units to be used in outdoor applications only.

For insulators to be used in indoor applications, testing under dry condition according to IEC 60060-1 is required.

10.2.6 Wet switching impulse withstand voltage test

Wet switching impulse withstand voltage test are required for insulators intended for systems with $U_m \geq 300$ kV.

The test circuit, test voltage and test procedure shall be in accordance with the criteria stated in IEC 60060-1.

The testing under wet condition is applicable to composite string insulator units to be used in outdoor applications only.

For insulators to be used in indoor applications, testing under dry condition according to IEC 60060-1 is required.

10.2.7 Corona and radio interference voltage (RIV) tests

Corona/RIV tests are related mainly to fully assembled insulator sets. These tests can be completed on string insulator units also if the system voltage level or application requires the use of electric field grading rings as their integral parts and those are specified in string insulator unit's product drawings. The control of electrical fields is described in Annex D.

10.2.8 Power arc test

The power arc test is typically not required to be completed on string insulator units.

Table 4 – Application and mounting arrangements for electrical tests

Test	String Insulator Unit (single composite insulator)	Insulator Set ² (informative)
Dry lightning impulse withstand voltage test	according to IEC 60383-2 and IEC 60060-1	according to IEC 60383-2, IEC 61284 and IEC 60060-1
Wet power-frequency withstand voltage test ¹	according to IEC 60383-2 and IEC 60060-1	according to IEC 60383-2, IEC 61284 and IEC 60060-1
Wet power-frequency disruptive-discharge (flashover) voltage test ¹	according to IEC 60383-2 and IEC 60060-1	according to IEC 60383-2, IEC 61284 and IEC 60060-1
Wet switching impulse withstand voltage test for insulators intended for systems with $U_m \geq 300$ kV ¹	according to IEC 60383-2 and IEC 60060-1	according to IEC 60383-2, IEC 61284 and IEC 60060-1
Corona/RIV Tests	Not mandatory and typically, not applicable	according to IEC 61284 and IEC 60437
Power Arc Test	Not mandatory and typically, not applicable	according to IEC 61467
¹ The test is applicable to string insulator units to be used in outdoor applications. ² If required, the Water drop induced corona (WDIC) test can be done on insulator sets (instead of or in addition to electric field calculations) as a physical test to verify the electric field grading and to prevent negative effects of water drop induced corona phenomena on polymeric housing material [9].		

10.3 Damage limit proof test and test of the tightness of the interface between end fittings and insulator housing

10.3.1 Test specimens

Four insulators taken from the production line shall be tested. In the case of long insulators, specimens may be manufactured, assembled on the production line, with an insulation length (metal to metal spacing) not less than 800 mm. Both end fittings shall be the same as on standard production insulators. The fittings shall be assembled such that the insulating part from the fitting to the closest shed is identical to that of the production line insulator. The insulators shall be examined visually and checked to see that the dimensions conform with the drawing; they shall then be subjected to the mechanical routine test according to 12.1.

NOTE If the manufacturer only has facilities to produce insulators shorter than 800 mm, the design tests can be performed on insulators of those lengths available to them, but the results are only valid for up to the lengths tested.

10.3.2 Performance of the test

- The four specimens are subjected to a tensile load applied between the couplings at ambient temperature. The tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero up to 70 % of the SML and then maintained at this value for 96 h.
- Both ends of one of the four specimens shall, at the end of the 96 h test, be subjected to crack indication by dye penetration, in accordance with ISO 3452, on the housing in the zone embracing the complete length of the interface between the housing and metal fitting and including an additional area, sufficiently extended, beyond the end of the metal part.

The indication shall be performed in the following way:

- the surface shall be properly pre-cleaned with the cleaner;
- the penetrant shall be applied on the cleaned surface and left to act for 20 min;
- the surface shall be cleaned of the excess penetrant and dried;
- the developer shall be applied, if necessary;
- the surface shall be inspected.

Some housing materials may be penetrated by the penetrant. In such cases, evidence shall be provided to validate the interpretation of the results.

After the penetration test the specimen shall be inspected. If any cracks are visible, the housing and, if necessary, the metal fittings and the core shall be cut perpendicular to the crack in the middle of the widest of the indicated cracks, into two halves. The surface of the two halves shall then be investigated to measure the depth of the cracks.

- c) The three remaining specimens are then again subjected to a tensile load applied between the couplings at ambient temperature. The tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero to approximately 75 % of the SML and then gradually increased in a time between 30 s to 90 s to the SML and then maintained at 100 % of the SML for 60 s. Examples for load-time curves as shown in Figure 2.

In order to obtain more information from the test, unless special reasons apply (for instance the maximum tensile load of the test machine), the load may be increased until the failing load is reached and its value recorded.

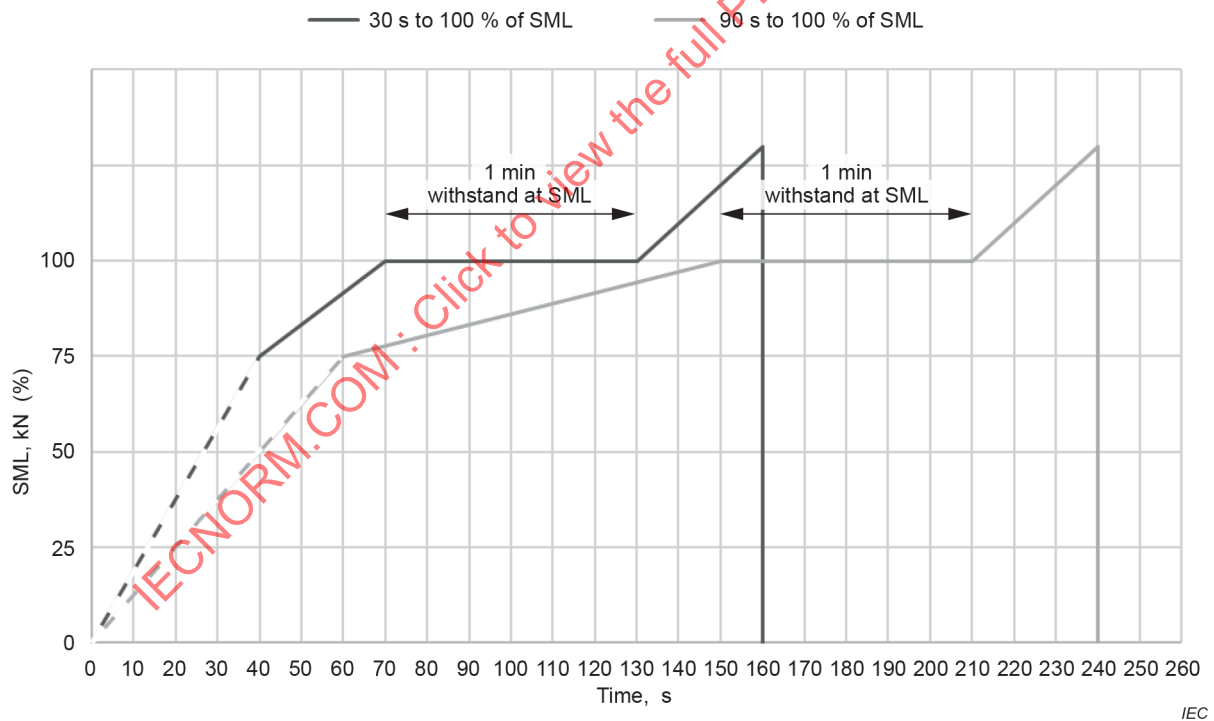


Figure 2 – Examples for 1 min SML withstand test

10.3.3 Evaluation of the test

The test is passed if:

- no failure (breakage, slip of end fitting, or complete pull-out of the core, or fracture of the metal fitting) occurs either during the 96 h test at 70 % of the (SML 10.3.2 a)) and during the 1 min 100 % withstand test at SML (10.3.2 c)),
- if cracks are indicated by the dye penetration method (10.3.2 b)), the investigation of the halves described in 10.3.2 b) shows clearly that the cracks do not reach the core.

NOTE For non-overmoulded designs, the positions of the fittings can be marked on the housing before the test.

11 Sample tests

11.1 General rules

For the sample tests, two samples are used, E1 and E2. The sizes of these samples are indicated in Table 5. If more than 10 000 insulators are concerned, they shall be divided into an optimum number of lots comprising between 2 000 and 10 000 insulators. The results of the tests shall be evaluated separately for each lot.

The insulators shall be selected from the lot at random. The purchaser has the right to make the selection. The samples shall be subjected to the applicable sampling tests.

The sample tests are as follows:

- a) verification of dimensions (E1 + E2)
- b) verification of the end fittings (E2)
- c) verification of the tightness of
the interface between end fittings and insulator housing (E2)
- d) verification of the specified mechanical load, SML (E1)
- e) galvanizing test (E2)
- f) minimum sheath thickness..... (E1)

In the event of a failure of the sample to satisfy a test, the re-testing procedure shall be applied as specified in 11.7.

Weak adhesion between core and housing can lead to moisture ingress and a failure of the composite insulator in service. For an evaluation of the adhesion between core and housing additional sample tests defined in Annex F as methods A (only pull-off test performed by tensile machine or manual load cell), B and C can be performed by agreement between purchaser and manufacturer.

Table 5 – Sample sizes

Lot size	Sample size	
	E1 destructive	E2 non-destructive
N	Subject of agreement	
$N \leq 10$		
$10 < N \leq 30$	2	1
$30 \leq N \leq 300$	3	2
$300 < N \leq 2\,000$	4	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6
Insulators of sample E2 only can be used in service and only if the galvanizing test is performed with the magnetic method. The dye penetration test shall rule out later use of these samples for visual reasons.		

11.2 Verification of dimensions (E1 + E2)

The dimensions given in the drawings shall be verified. The tolerances given in the drawings are valid. If no tolerances are given in the drawings the values mentioned in Clause 7 shall be used.

11.3 Verification of the end fittings (E2)

The dimensions and gauges for end fittings are given in IEC 61466-1. The appropriate verification shall be made for the types of fitting used including, if applicable, verification of the locking system in accordance with IEC 60383-1.

11.4 Verification of tightness of the interface between end fittings and insulator housing (E2) and of the specified mechanical load, SML (E1)

- a) One insulator, selected randomly from the sample E2, shall be subjected to crack indication by dye penetration, in accordance with ISO 3452, on the housing in the zone embracing the complete length of the interface between the housing and metal fitting and including an additional area, sufficiently extended, beyond the end of the metal part.

The indication shall be performed in the following way:

- the surface shall be properly pre-cleaned with the cleaner;
- the penetrant, which shall act during 20 min, shall be applied on the cleaned surface;
- within 5 min after the application of the penetrant, the insulator shall be subjected, at the ambient temperature, to a tensile load of 70 % of the SML, applied between the metal fittings; the tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero up to 70 % of the SML, and then maintained at this value for 1 min;
- the surface shall be cleaned with the excess penetrant removed, and dried;
- the developer shall be applied, if necessary;
- the surface shall be inspected.

Some housing materials may be penetrated by the penetrant. In such cases, evidence shall be provided to validate the interpretation of the results.

After the 1 min test at 70 % of the SML, if any cracks occur, the housing and, if necessary, the metal fittings and the core shall be cut perpendicular to the crack in the middle of the widest of the indicated cracks, into two halves. The surface of the two halves shall then be investigated to measure the depth of the cracks.

- b) The insulators of the sample E1 shall be subjected to a tensile load applied between the couplings at ambient temperature. The tensile load shall be increased rapidly but smoothly from zero to approximately 75 % of the SML and then gradually increased in a time between 30 s to 90 s to the SML and then maintained at 100 % of the SML for 60 s.

In order to obtain more information from the test, unless special reasons apply (for instance the maximum tensile load of the test machine), the load may be increased until the failing load is reached, and its value recorded. Examples for load-time curves are shown in Figure 2.

The insulators have passed this test if:

- no failure (breakage or complete pull-out of the core, or fracture of the metal fitting) occurs either during the 1 min 70 % withstand test (a) or during the 1 min 100 % withstand test (b),
- no cracks are indicated after the dye penetration method described in 11.4 a),
- the investigation of the halves described in 11.4 a) shows clearly that the cracks do not reach the core.

NOTE In case of agreement between the client and manufacturer the verification of tightness in a) could be done on the E1 samples. The specified mechanical load test in b) can be done on the same sample.

11.5 Galvanizing test (E2)

This test shall be performed on all galvanized parts in accordance with IEC 60383-1.

11.6 Minimum sheath thickness (E1)

The layer thickness shall be measured on 4 positions offset by 90°. A criterion is minimum sheath thickness of 3 mm in any of test positions.

For the insulators with section length more than 1 meter, it is recommended to use at least three positions for measurement, cut from the top, middle and bottom sections, (in total 12 measurements) see example in Figure 3.

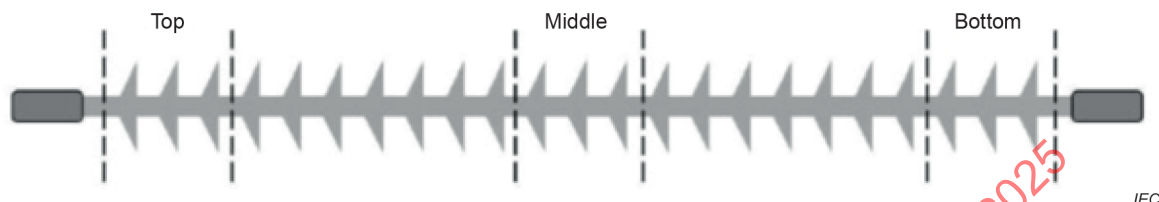


Figure 3 – Location for minimum sheath thickness measurement

NOTE Non-destructive test methods like an ultra-sonic tester can also be used for measuring minimum sheath thickness.

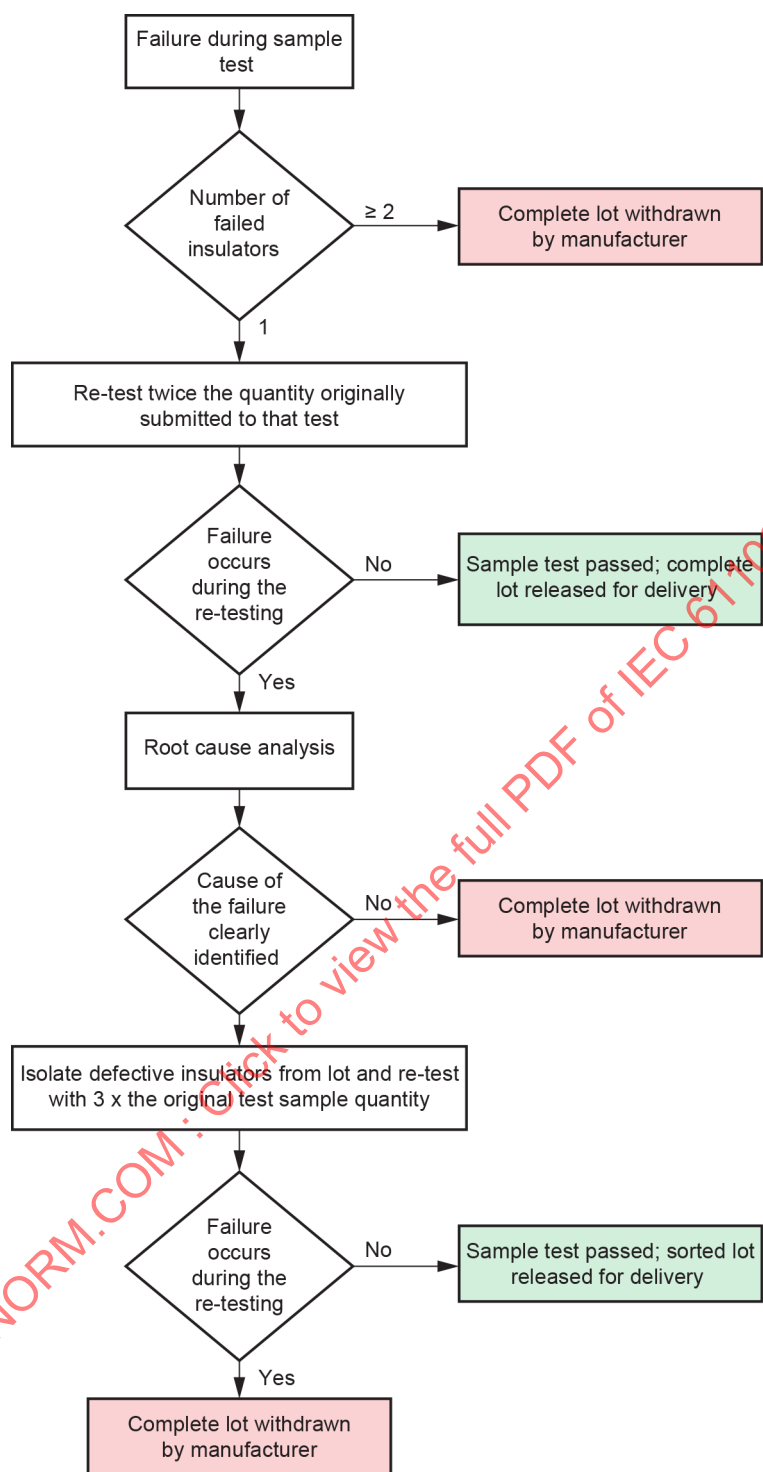
11.7 Re-testing procedure

If only one insulator or metal part fails to comply with the sample tests, a new sample equal to twice the quantity originally submitted to that test shall be subjected to re-testing. The re-testing shall comprise the test in which failure occurred, preceded by those tests which may be considered as having influenced the results of the original test.

If two or more insulators or metal parts fail to comply with any of the sample tests, or if any failure occurs during the re-testing, the complete lot is considered as not complying with this part of the testing and shall be withdrawn by the manufacturer.

Provided the cause of the failure in the increased sample size can be clearly identified to the satisfaction of the purchaser and there is no risk that it can pass the repeated sample tests undetected, the manufacturer may sort the lot to eliminate all the insulators with this defect. In the case of a lot that has been divided into smaller lots and if one of the smaller lots does not comply, the investigation may be extended to the other lots. The sorted lot(s) or part thereof may then be re-submitted for testing. The number then selected shall be three times the first quantity chosen for the tests. The re-testing shall comprise the test in which failure occurred preceded by those tests which may be considered as having influenced the results of the original test. If any insulator fails during this re-testing, the complete lot is considered as not complying with this part of the testing and shall be withdrawn by the manufacturer.

The flow-chart of re-testing procedure is shown in Figure 4.



IEC

Figure 4 – Method of re-testing at different stages

12 Routine tests

12.1 Mechanical routine test

Every insulator shall withstand, at ambient temperature, a tensile load at RTL corresponding to $0,5 \times \text{SML} \left(\begin{smallmatrix} +10\% \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ for at least 10 s.

12.2 Visual examination

Each insulator shall be examined. The mounting of the end fittings on the insulating parts shall be in accordance with the drawings. The color of the insulator shall be approximately as specified in the drawings. The markings shall be in conformance with the requirements of this document (see Clause 4).

The following defects are not permitted:

- a) superficial defects of an area greater than 25 mm² (the total defective area not to exceed 0,2 % of the total insulator surface) or of depth greater than 1 mm;
- b) cracks at the root of the shed, notably next to the metal fittings;
- c) separation or lack of bonding at the housing to metal fitting joint for overmoulded design;
- d) separation or bonding defects at the shed to sheath interface,
- e) moulding flashes protruding more than 1 mm above the housing surface.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

Annex A (informative)

Principles of the damage limit, load coordination and testing for composite suspension and tension insulators

A.1 Introductory remark

This Annex A is intended to explain the long-term behaviour of composite suspension and tension insulators under mechanical load, to show typical coordination between SML and service loads and to explain the mechanical testing philosophy.

A.2 Load-time behaviour and the damage limit

An essential part of the mechanical behaviour of resin bonded fibre cores, typically used for composite insulators, is their load-time behaviour, which deserves some explanation.

The vast experience gained with composite insulators loaded with tension loads, both in the laboratory and confirmed in service, has shown that the load-time curve is indeed a curve, and not a straight line as was presented in the first version of IEC 61109. This straight line had often been misinterpreted, leading to the deduction that a composite insulator would only retain a small fraction of its original mechanical strength after a period of 50 years, whatever the applied load.

It is now known that the time to failure of composite insulators under static tensile loads follows a curve such as that presented in Figure A.1. To take into account the dispersion in the tensile characteristic of the insulator, the withstand curve is positioned, as shown in Figure A.1, below the failure curve. Being asymptotic, it shows that for a given insulator, there is a load below which the insulator will not fail no matter how long the load is applied since there is no damage to the core. This load level is known as the damage limit. Typically, the damage limit lays around 60 % to 70 % of the ultimate strength of the core when assembled with fittings. The damage limit represents the load value which causes inception of microscopic mechanical damage within the core material.

The damage limit depends on the kind of core material, on the type of end fitting and on the design of the connection zone. Despite the fact that the damage limit is primarily defined as core property, the type of end fitting and the design of the connection zone (e.g. the internal shape of the end fitting) can have a significant influence to the mechanical insulator performance.

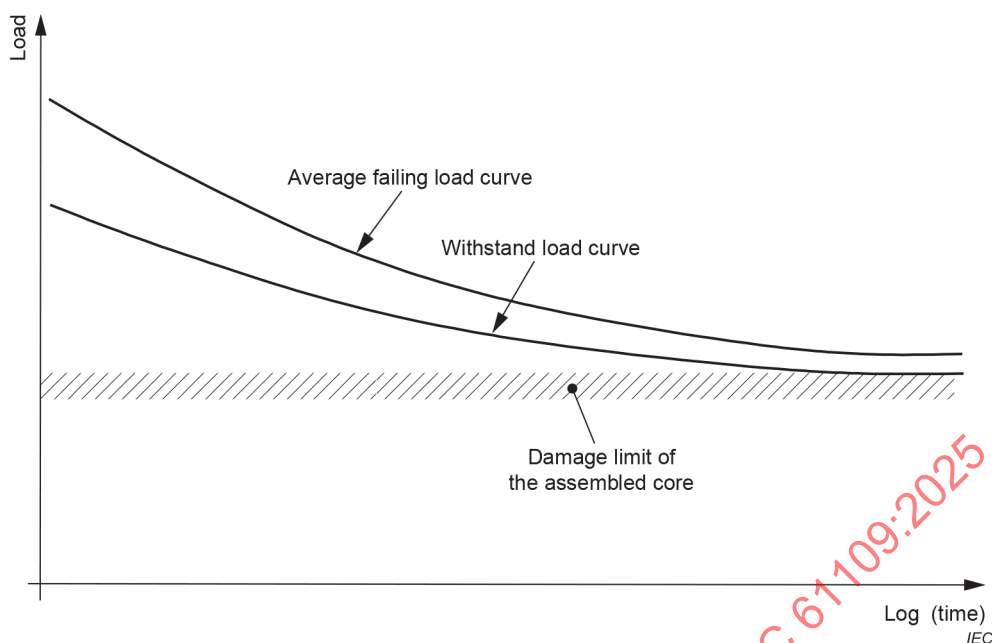
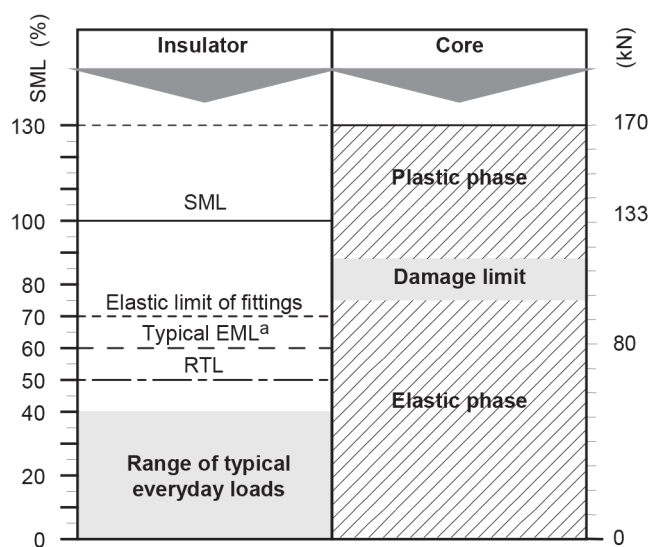


Figure A.1 – Load-time strength and damage limit of a core assembled with fittings

A.3 Service load coordination

For both short- and long-term mechanical loading of the entire composite insulator, the mechanical properties of the individual end fitting types also have to be considered. The maximum admissible working load value for the metal end fittings is limited by the elastic limit of the metal material and the design (mechanically stressed cross-section) of the weakest end fitting part. The maximum admissible load for the entire insulator is therefore given either by the elastic limit of the end fittings or by the damage limit of the assembled core (under normal environmental conditions as given in Table 1).

Figure A.2 shows a graphical representation of the typical relationship of the damage limit to the mechanical characteristics of an insulator with a 16 mm diameter core for typical service loads.

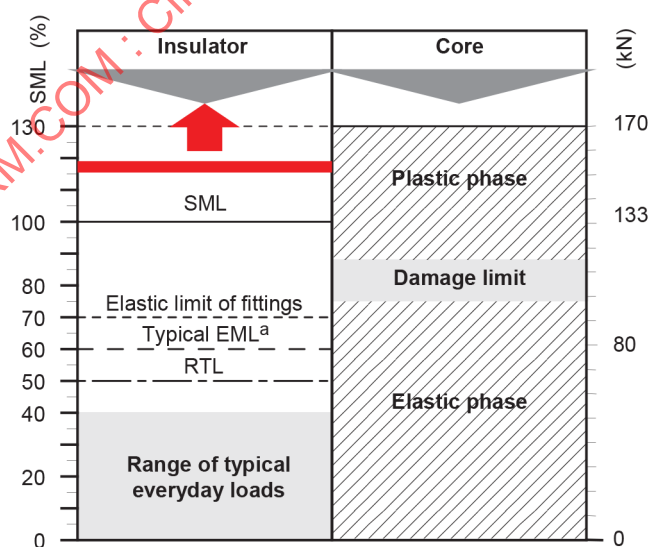


^a EML Extraordinary mechanical working load (1 week/50 years)

Figure A.2 – Graphical representation of the relationship of the damage limit to the mechanical characteristics and service loads of an insulator with a 16 mm diameter core and an SML rating of 133 kN

In all cases, the maximum working load (static and dynamic) shall be below the damage limit of the insulator. It is normal practice to adopt a safety factor of at least 2 between the SML and the maximum working load; this generally ensures that there is also a sufficient margin between the damage limit of the insulator and all service loads. IEC 60826 [11] gives guidance for calculation of loads and application of proper safety factors.

Further examples of tensile load coordination based on Figure A.2 used by utilities are shown in Figure A.3 and Figure A.4:

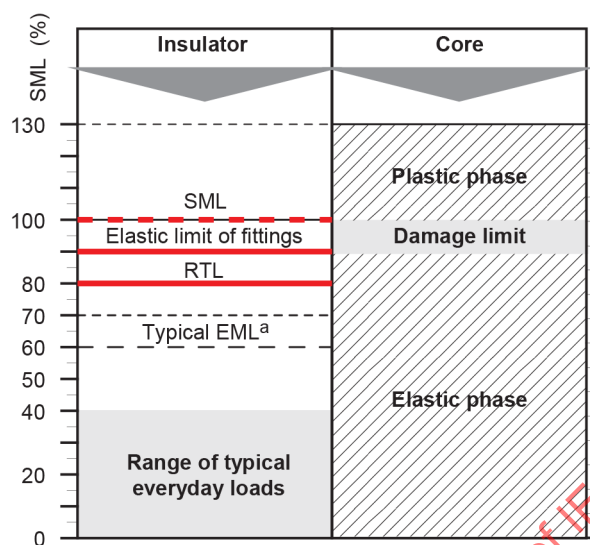


^a EML Extraordinary mechanical working load (1 week/50 years)

IEC

Figure A.3 – Applied specific force relationship, example 1

All individual failing load values e. g. $1,15$ or $1,2 \times \text{SML}$ -value or a fixed value for identical ultimate failing modes (e.g. end fitting slip-off). This approach takes care of the statistical variation of the failing load values of an insulator batch manufactured with a defined family of raw materials.



^a EML Extraordinary mechanical working load (1 week/50 years)

IEC

Figure A.4 – Applied specific force relationship, example 2

Example is taken from the test requirements of porcelain long rod insulator history. The difference to the other test scenarios shown in Figure A.2 and Figure A.3 is that the RTL value is 80 % of the SML value. This higher load in comparison to the standard requirement of 50 % has an impact to the dimensioning of the core and the end fittings. In the example, the elastic limit of fittings raises from 70 % to 90 % and the damage limit of the core from 80 % to 90 %.

A.4 Verification tests

Two tests are specified in this document to check mechanical strength and damage limit:

- a design test "96 h withstand load test" (load/time pairs D1 and D2 in Figure A.5) to check the position of the strength/time curve of the insulator (see 9.4.2);
- a type test "damage limit proof test" (load/time pairs T1 and T2 in Figure A.5) to check the damage limit after loading with a constant load of 0,7 SML for 96 h (see 10.3).

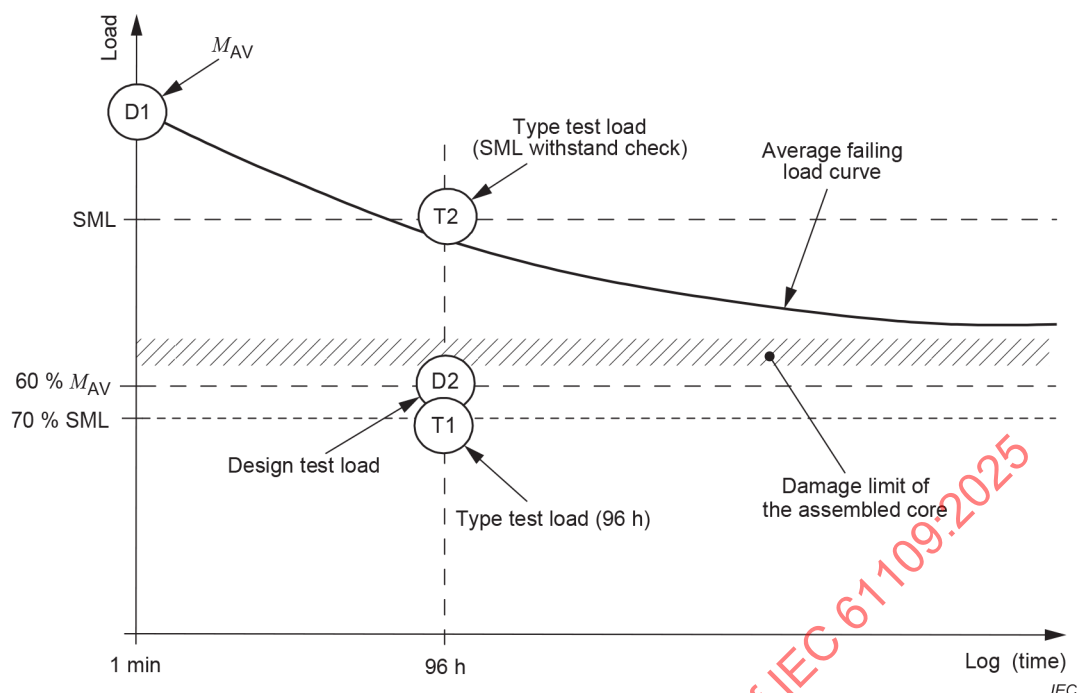


Figure A.5 – Test loads

The design test verifies the starting point of the actual initial load time curve by using M_{AV} (average failing load of the assembled core) and the minimum position of the damage limit by a withstand test for 96 h at $0,6 M_{AV}$.

The choice of the SML with respect to M_{AV} is made by the manufacturer as a function of statistical data, design and process. There is no simple rule governing this relation. In order to check the coherence of the chosen SML with respect to the damage limit of the assembled insulator, the type test requires the insulator to withstand 70 % of the SML during 96 h followed by the SML for one minute. If the strength coordination is correct, then the insulator will not suffer any damage during the 96 h and will still be able to withstand the SML.

NOTE In some cases, depending on the chosen SML level, it is possible for the 96 h load for the type test to be higher than the 96 h load for the design test. This does not preclude the need for the design test.

Annex B (informative)

Example of two possible devices for sudden release of load

B.1 Device 1 (Figure B.1)

The device consists of a hook A, a release lever B and a mounting plate C. Hook A can rotate on its pivot which is attached to the mounting plate. Tension is applied to the insulator by means of a suitable bolt or shackle, D.

During the time the insulator is under load, the release lever is retained in the position shown by the unbroken lines. Due to the length of the release lever B, a small force is sufficient to move it to the position shown by a broken line, rotating it on its pivot and moving the pivot in the direction X.

This operation of the release lever causes the hook to rotate on its pivot, hence releasing the bolt or shackle, D.

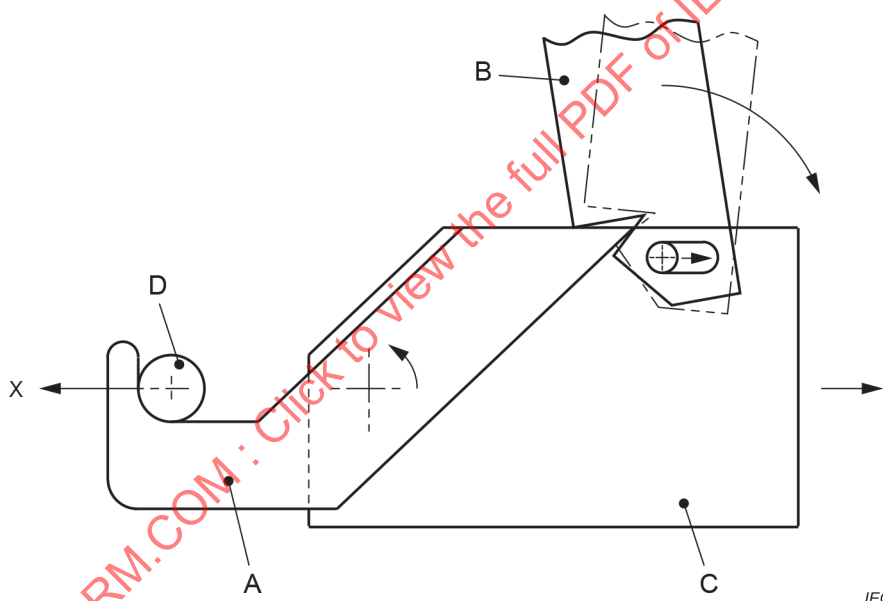


Figure B.1 – Example of possible device 1 for sudden release of load

B.2 Device 2 (Figure B.2)

The device consists of a breakage piece E screwed into two metallic extremities F and G which link the insulator to the tensile machine.

The breakage piece E is in the form of a dumb bell whose diameter is calibrated as a function of the steel used and of the desired breaking load.

The steel utilized for the piece E shall have a yield stress close to the ultimate tensile stress.

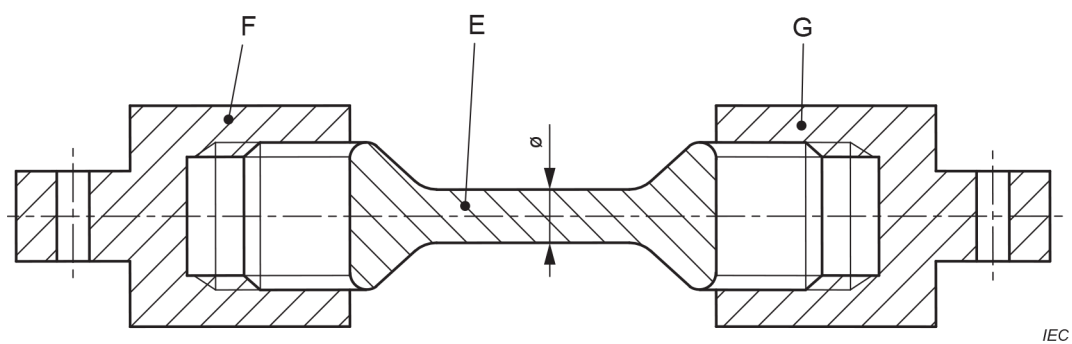


Figure B.2 – Example of possible device 2 for sudden release of load

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

Annex C (informative)

Guidance on non-standard mechanical stresses and dynamic mechanical loading of composite insulators

C.1 Introductory remark

This Annex C provides guidance on service conditions where non-standard mechanical loads are introduced to the composite suspension/tension insulator. Examples of such non-standard mechanical loads are torsion, compression (buckling) and bending stress loads. Reference is made, based on insulator field experience to date, on the expected mechanical performance of composite insulators subjected to in-service dynamic mechanical loads.

Composite insulators are primarily designed to operate under mechanical tensile loads/stresses. However, in certain operations/applications, additional non-standard loads can be applied to the insulator. Avoidance of subjecting these insulators to non-standard loads should be made where possible. Guidance on minimizing the introduction of such load conditions is given in the CIGRE Composite Insulator Handling Guide [7].

C.2 Torsion loads

In line stringing operations, if twisting of the conductor bundle occurs and it is attempted to be corrected by rotation of the composite insulator, then a torsion stress can be introduced to the composite insulator. Furthermore, the probability of damage to the insulator is increased if a single strain insulator is used to support a twin conductor bundle. In such cases, the use of two insulators, either with or without inter-connecting yoke plates, is preferred. The introduction of torsion stresses should be avoided as much as possible during conductor stringing. Subjecting the insulators to excess torsion loads can lead to a reduction in the mechanical integrity of the composite insulator.

SToL (Specified Torsion load)	torsion load level which can be withstood by the insulator when tested under the specified conditions. [IEC 62231]
MDToL (maximum design Torsion load)	torsion load level above which damage to the insulator begins to occur and that should not be exceeded in service. [IEC 62231]

C.3 Compressive (buckling) loads

Special conditions arise in the case of insulator V-string applications shown in Figure C.1 where the insulator may be subjected to compressive loads (if the wind load is greater than the mass supported, then the leeward insulator carries no load, and the unit goes into compression). As a result of critical buckling loads being introduced to the insulator, significant damage may occur. The same can occur when composite insulators are used as interphase-spacers shown in Figure C.2.

SCoL (Specified compression load)	compression load which can be withstood by the insulator when tested under the specified conditions. [IEC 62231]
MDCoL (maximum design compression load)	load level above which damage to the insulator begins to occur and that shall not be exceeded in service. [IEC 62231]

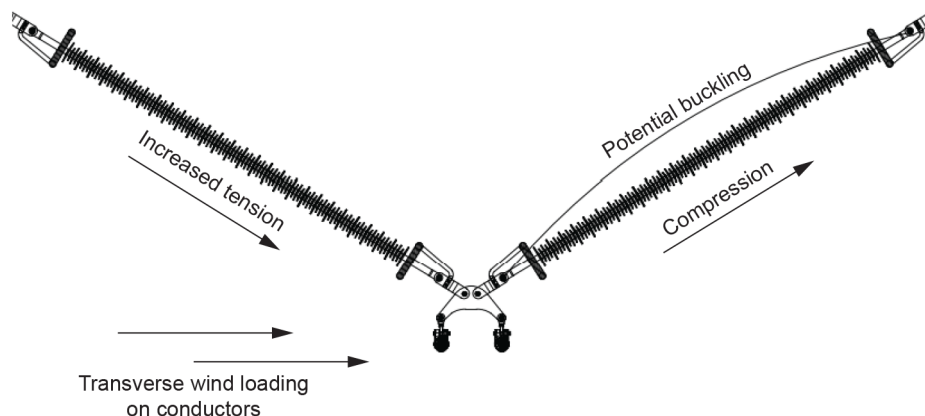


Figure C.1 – Example of compression loads in V-string assemblies



Figure C.2 – Buckling of composite insulator in a phase-to-phase configuration

C.4 Bending loads

Composite insulators may be subjected to critical bending loads during stringing operations. The introduction of such bending stresses should be avoided as much as possible. Subjecting the insulator to critical bending stresses can cause large deflection of the insulator, which can cause damage and loss of mechanical integrity of the insulator.

C.5 Dynamic mechanical loads

To increase the reliability of high-voltage lines, insulator sets with multiple parallel insulators can be used. If one insulator string fails, the resulting load transposition can cause high dynamic tensile and transversal forces. Especially in the case of double insulator suspension or tension sets, bending stress might occur in the remaining intact string, which shall withstand the loads (which includes the hardware as well). This situation has been systematically investigated for porcelain long rod insulators [12]. Composite insulators are typically of longrod type but do not show the brittleness of porcelain. Thus, the failure of an insulator string due to mechanical mishandling is less likely. However, the insulators shall be designed to withstand a load transposition situation. The dynamic loads can exceed typical EML loads.

These dynamic loads can be determined by simulation or testing. If testing is performed, insulators set completely assembled with all hardware components shall be evaluated.

C.6 Limits

It is difficult to give general limiting values for non-standard stresses due to the varied designs and materials used for composite insulators. The intrinsic maximum stress for common core materials, before damage occurs, is of the order of 400 MPa in bending and 60 MPa in torsion – where the strength of the end fitting assembly onto the rod also comes into play. However, the often-large displacements caused by non-standard loads can induce stress in the housing materials and their interfaces with the core or fittings, leading to their damage.

For example, at a stress of 400 MPa, a 2 m long insulator with a 16 mm diameter core would have a deflection of 1,8 m. For this reason, it is recommended that the purchaser bring to the attention of the manufacturer, whenever possible, any anticipated non-standard loads or displacements to determine if they are critical for the product. In this way, working loads/displacements, the need for a test, the test procedure and the test loads/displacements can then be determined by agreement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

Annex D (informative)

Electric field control for AC

Composite insulators were first used with success in polluted areas and thereafter also in relatively clean environments mainly due to simplicity of handling, aesthetic, and compaction advantages. The hydrophobicity and hydrophobicity transfer properties are the key parameters for the application of composite insulators in polluted condition. However, the excellent hydrophobic properties of composite insulators when new might be deteriorated in service. Discontinuous corona activity on the housing material itself (the so-called water drop corona) or continuous corona from the metal end fittings can lead to the reduction of hydrophobicity.

The occurrence of corona discharges may be one of the specific ageing mechanisms for composite insulator, which should be considered already at the design stage, i.e. electric field should be controlled in the discharge-prone areas or sensitive areas of an insulator. Due to relatively small dimensions of insulation end fittings for line composite insulators, this issue is of significant importance for these types of insulators, which is also confirmed by service experience. Even insulators with good design and manufactured with high quality should be equipped by appropriately selected grading/corona ring(s), one or two per insulator in the region of the highest electric field stresses depending on voltage class.

For a proper field grading, especially in the region of the metal end fittings of the insulator, the sealing concept shall also be considered. Two principle sealing configurations can be found (see Annex E). In Figure E.1, the sealant is formed of one or more layers which are made of a different, usually less tracking and erosion resistant material as the remaining housing. In Figure E.2, the end fitting is embedded partially by the housing material. Another term that is referred to when it comes to electric field grading is the so-called triple point. It forms the position where metallic end fitting, insulation material (sealant or housing) and the surrounding atmosphere do meet. In the case of hydrophobicity loss, the leakage surface current and surface discharge activity at the housing may start and end at this point.

Due to electro hydrodynamic phenomena, the inception field stress at water drops depends on the direction of the electric field. Electric field investigations have shown that water drop corona occurs at lower electric field stresses by a factor of 2 to 3 for tangential field stress compared to the normal field stress. Therefore, to prevent the ignition of water drop corona at the insulator surface, including the sealing area, the calculation of the electric field distribution, separated in tangential and normal field stresses at the insulator surface, is a holistic approach.

Typically, the electric field stress at the insulator surfaces is predominantly of tangential character at the trunk surface and of normal character on shed surfaces, while both components can occur in different ratios at the sealing area, depending on the geometry, see Annex E. A commonly simplified approach is the evaluation along the trunk area by considering tangential electric field stress only. Nonetheless, the sensitive sealing area shall be evaluated separately in terms of tangential and normal field stress shown in Figure D.1.

To prevent the phenomenon of corona on string elements and water drop corona, different thresholds were introduced and are recommended for electric field grading of composite line insulators:

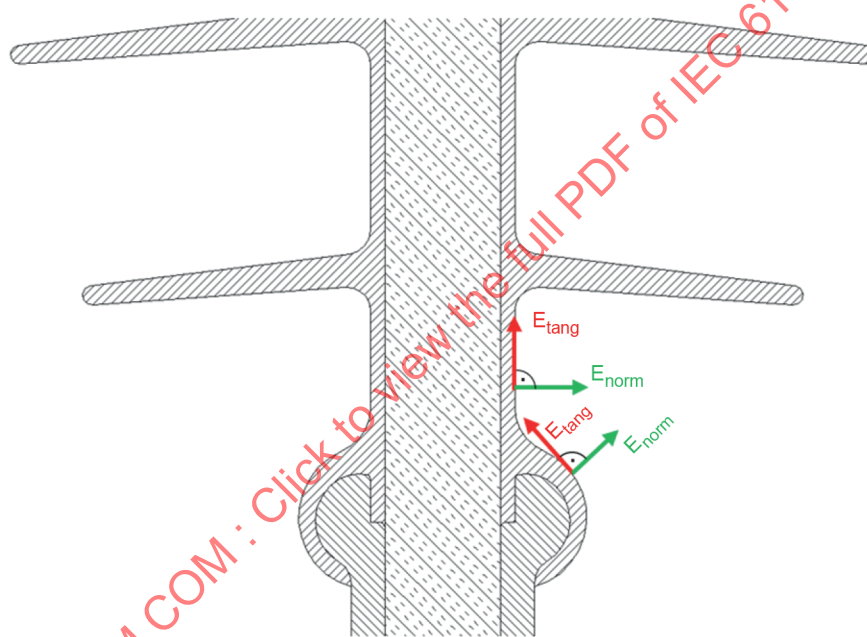
- 1) electric field on the grading/corona ring and end fitting, proven by test and simulation [13][14][15]; a criterion for maximum allowable field stresses is recommended with $E_{\max} < 18 \text{ kV/cm}$;
- 2) electric field along the housing trunk surface, proven by test and simulation [13][14][15] and, including the sealing area for an overmoulded insulator design (see Figure E.2); a criterion for maximum allowable tangential field stresses is recommended with $E_{\max}^{\text{tangential}} < 4,2 \text{ kV/cm}$ averaged for 10 mm;

- 3) electric field at the sealant, see Figure E.1. If the sealant is exposed to the environment, an additional criterion for limitation of the normal electric field stress with $E_{\max}$ at the surface of the sealant needs to be considered to respect the usually less tracking and erosion resistance of such materials. Currently, no criterion is specified yet but an indication from investigations at water drops on model arrangements with $E_{\max}^{\text{normal}} < 8 \text{ kV/cm}$ can be given.

These limitations are included in CIGRE TB 919 [9] prepared by B2.57 and are under consideration of B2.80. Since the applied voltage level at the energized components is typically taken as maximum system operating phase-to-earth-voltage and an RMS value, the calculated electric field stress is considered as maximal electric field stress as an RMS value as well.

The first limitation can be verified by a standard RIV test described in IEC 60437 and IEC 61284.

A verification of a water drop corona free string design can be proven by the Water Drop Induced Corona (WDIC) test [15][16][17][18].



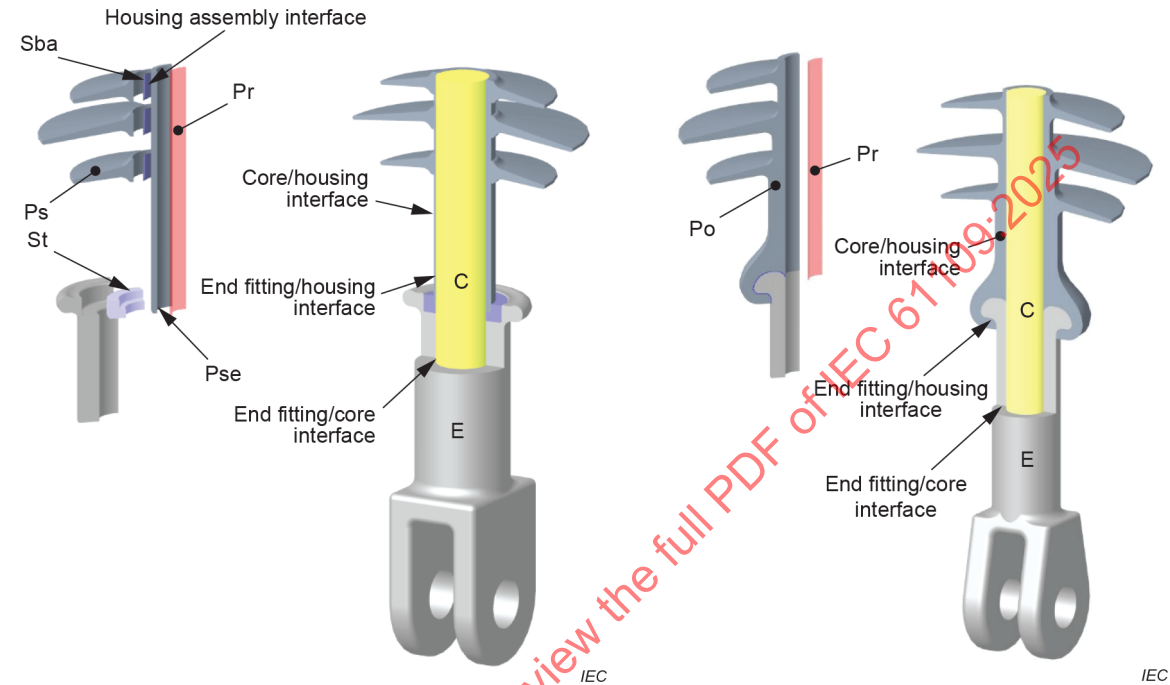
IEC

Figure D.1 – Example for electrical field vectors on a composite insulator

Annex E
(informative)

Typical sketches for composite insulator assemblies

Figure E.1 and Figure E.2 show two typical composite insulator assemblies, a modular design with non-overmoulded end fitting and a moulded assembly with overmoulded end fitting.



Key

Ps	Polymer shed
Pse	Polymer sheath
Sba	Shed bonding agent
St	Sealant
C	Core
E	End fitting
Pr	Primer

Figure E.1 – Interface description for insulator with housing made by modular assembly and external sealant

Key

Po	Polymer
Pr	Primer
C	Core
E	End fitting

Figure E.2 – Interface description for insulator with housing made by injection molding and overmolded end fitting

Annex F (informative)

Mechanical evaluation of the adhesion between core and housing

F.1 General

Mechanical adhesion tests are frequently used to evaluate the adhesion between core and housing of composite insulators but are not yet formally standardized. Therefore, this Annex is intended to guide through the available mechanical adhesion tests. Several mechanical, destructive testing methods have been developed and are intended for a qualitative and quantitative evaluation of the adhesion between core and housing. As a common principle of such tests, the housing material is sectioned into specific areas by cuts at defined positions onto the core and a mechanical force is applied to remove the housing from the core. In these tests, the separation of the housing from the core can occur either cohesive with fracture of the housing without any exposure of the core, adhesive with a complete removal of the housing material from the core or mixed type of separation all shown in Figure F.1.

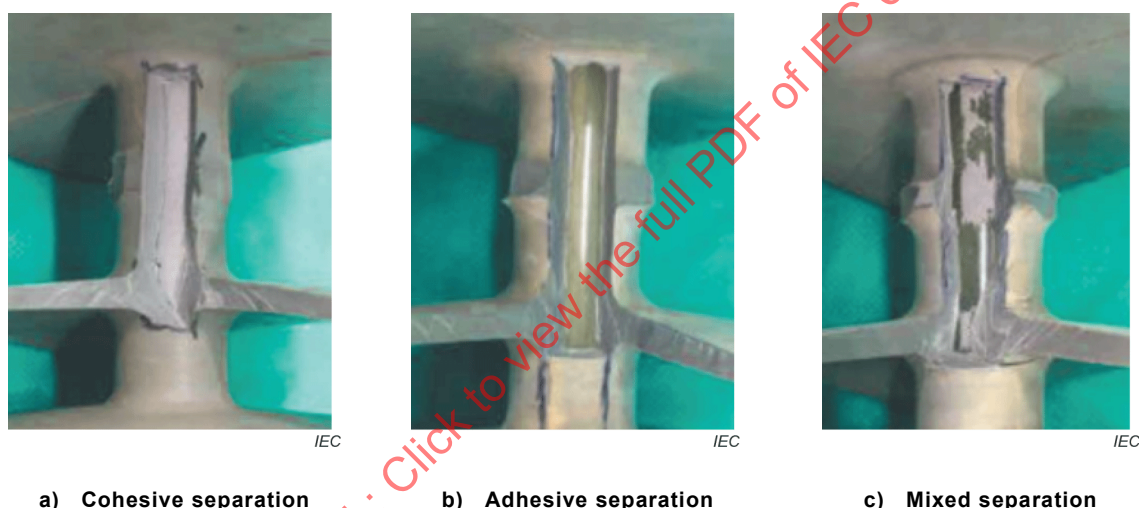


Figure F.1 – Example for type of housing separation

In the following, two different types of adhesion tests including acceptance criteria are presented:

- 1) Application of a defined tensile stress and force measurement with a qualitative and quantitative evaluation of the adhesion (pull-off test and peel test).

Acceptance criterion: average breaking stress for all 4 measurements (see F.2.3) per shed $> 1,5 \text{ N/mm}^2$. The type of housing separation shall be documented and serves as additional, qualitative information.

- 2) Application of a manual shear stress with a qualitative, visual evaluation of the adhesion (shear test).

Acceptance criterion: Cohesive housing separation only.

If the adhesion test is to be conducted as a sample test, test samples from E1 according to Table 5 shall be used before performing the minimum sheath thickness test.

F.2 Method A: Pull-off test

F.2.1 General

With the pull-off test, the adhesion between the composite insulator housing and core can be qualitatively and quantitatively evaluated at the section with a shed.

F.2.2 Specimens

Specimens with housing and one shed are cut perpendicular to the axis of the insulator with a diamond-coated circular saw blade under running cold water. At least three specimens with one shed per sample, cut from the top, middle and bottom sections shall be used. The length of the specimens shall be the same as for the water diffusion test according to IEC 62217. The same specimen is used first for the 100 h water diffusion test and then additionally prepared for the pull-off test.

A specimen for the pull-off test is prepared after completion of the water diffusion test from the shed by two parallel cuts through the shed and sheath material onto the core along the axis of the insulator. The distance between the two parallel cuts shall be 8 ± 3 mm, projected to the core surface. Thereafter, two further parallel cuts, perpendicular to the insulator axis with a distance of 15 ± 5 mm, projected to the core surface, shall be made above and below the shed.

F.2.3 Procedure

The entire test consists of the following steps:

- 1) Pre-stressing by boiling for 100 h as per IEC 62217
- 2) Water diffusion test according to IEC 62217
- 3) Pull-off test

The pull-off test shall be performed at 4 locations per shed (separated radially by 90°), for each of the 3 specimens taken at top, middle and bottom section of the insulator.

The specimen is then mounted in a tensile test machine as shown in Figure F.2.

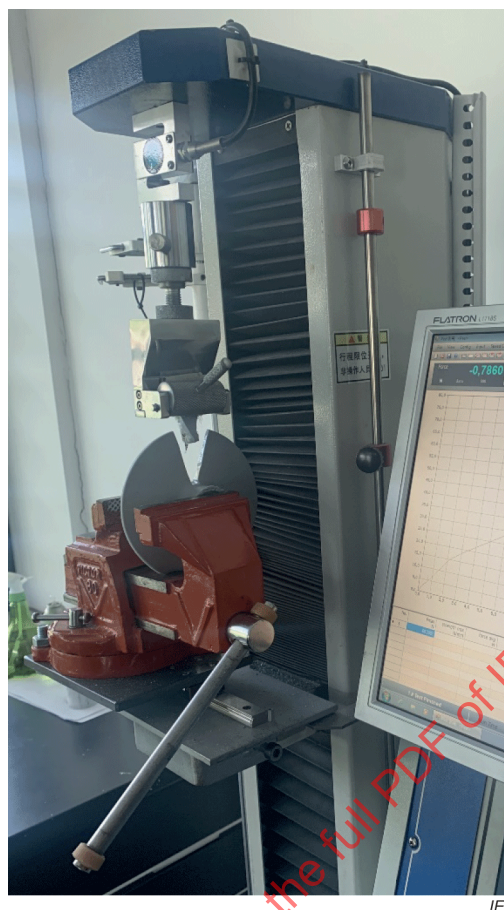


Figure F.2 – Example of specimen mounted in a tensile test machine

To assure a perpendicular force application to the interface to be tested, it is recommended to clamp the movable terminal of the tensile test machine to the cut shed segment first and then to fix the core in the static attachment of the tensile test machine. The application of the tensile stress is shown in Figure F.3. A fixed rate of terminal separation of 50 mm/min is applied and the tensile force is recorded until the housing separation occurs. Typically, a load cell with a maximum force load of 5 kN is sufficient for the pull-off test. After the separation, the rectangular cross-sectional area of the specimen interface between the housing and the core is measured, e.g. by using a calliper.

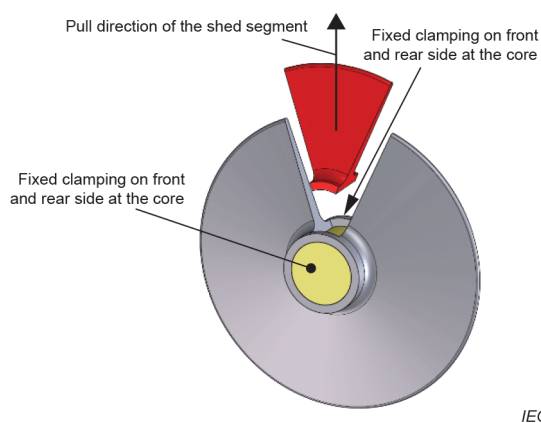


Figure F.3 – Example of test object for pull-off test and application clamping and force

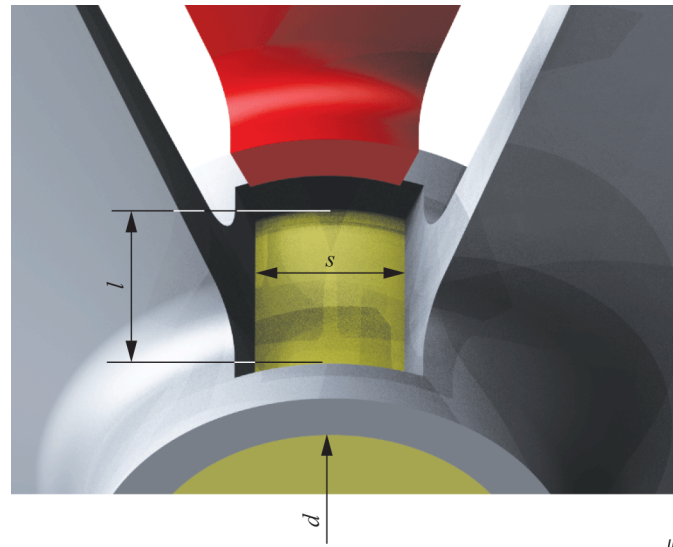


Figure F.4 – Relevant dimensions for the calculation of the area of the pull-off section

The quantitative evaluation is conducted by calculating the ultimate breaking stress when the separation occurs. The ultimate breaking stress σ is calculated as the maximum applied force $F_{\max}$ divided by the measured cross-sectional area A of the specimen interface between the housing and the core:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A}$$

Where the area A is calculated considering the length of the section along the axis of the core (l), the chord length (s) and the diameter of the core (d) as shown in Figure F.4:

$$A = l \times \arcsin\left(\frac{s}{d}\right) \times d$$

The complete adhesion test (both parts) is passed if the water diffusion test with housing according to IEC 62217 and criterion 1 defined in Clause F.1 are fulfilled. Note that water diffusion test with housing can be failed due to high current through the core, even if the adhesion is very good.

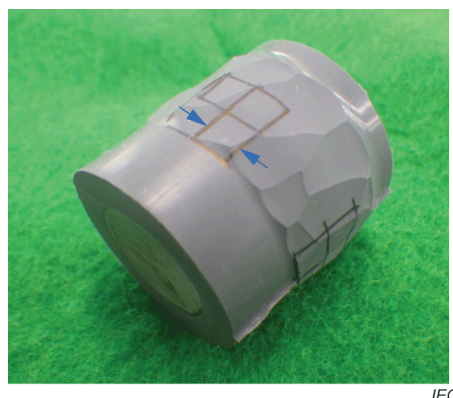
F.3 Method B: Peel test

F.3.1 General

With the peel test, the adhesion between the composite insulator housing and core can be qualitatively and quantitatively evaluated at any place (trunk or under the shed if it is removed) and can be applied in case an insulator has no sheds or is with sheds that cannot be tested with the pull-off test.

F.3.2 Specimens

The peel test is performed at 4 locations per specimen. The locations are distributed around the circumference. Making three parallel cuts with width of 5 ± 2 mm, crossing the original cuts at 90° so that lattice pattern is formed in four circumferential directions (see Figure F.5). In this way, four grid specimen surface is created at the interface between rubber and core materials.



IEC

Figure F.5 – Example of test specimen for peel test

F.3.3 Procedure

For the peel test, the ultimate force required to pull off the rubber specimen from the core shall be recorded using a tensile machine. Manual type with gauge is applicable as well. Rate of elongation shall be controlled within 50 mm/min to 55 mm/min. The force should be applied perpendicular to the insulator axis by clamping one grid shape rubber with pliers, see Figure F.6. After the separation, the actual cross-section area of the specimen interface between the housing and the rod shall be measured using a sliding calliper.



IEC

Figure F.6 – Method of peel test and tested specimens after peel test

The quantitative evaluation is conducted by calculating the ultimate breaking stress when the separation occurs. The ultimate breaking stress σ is calculated as the maximum applied force $F_{\max}$ divided by the measured cross-sectional area. The cross-sectional area is obtained by multiplying the lengths of the two sides of the pulled off rubber piece, which can be measured by use of a caliper.

The adhesion test is passed if criterion 1 defined in Clause F.1 is fulfilled.

F.4 Method C: Shear test

F.4.1 General

This shear test is used for the qualitative evaluation of the adhesion between the housing and the core of composite insulators over the entire length, including the adhesion between housing and end fitting for overmoulded designs.

F.4.2 Specimens

The samples from E1 (destructive) shall be used for this test before performing the minimum sheath thickness test.

F.4.3 Procedure

The housing is cut over the entire length with 2 cuts approximately 1 cm apart along the surface of the core, see Figure F.7. In case of injection moulded insulators, the cuts shall be done at least 30° offset to the mould parting line. The housing strip between the 2 cuts is scraped-off/pushed off with a sharp-edged tool like a screwdriver, for example and the sheds are pulled apart manually with hands.

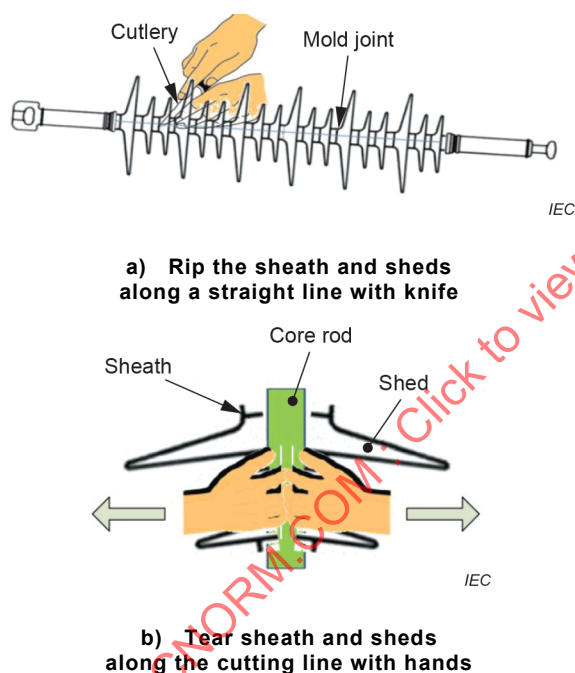


Figure F.7 – Method of shear test and tested samples after shear test with cohesive bonding, sample passed the test

The adhesion test is passed if criterion 2 defined in Clause F.1 is fulfilled.

Annex G (informative)

Applicability of design and type tests for DC applications

This Annex G provides guidance on applicable design and type tests modified for DC applications (see Table G.1).

Table G.1 – Design and type tests for DC applications

			Applicability for DC insulators	Comments
Design tests	Interfaces and connections of end fittings		X	
	Assembled core load–time tests		X	
	Tests on shed and housing material	Hardness test	X	
		Accelerated weathering test	X	
		Tracking and erosion test (1 000 h salt fog test)	X with modification	
		Flammability test	X	
		Hydrophobicity transfer test	X	
	Tests on the core material	Dye penetration test	X	
		Water diffusion test	X	
		Stress corrosion test	X	
	Tests on the core with housing	Water Diffusion Test on Core with Housing	X	
Type tests	Electrical type tests		X with modification	DC withstand voltage test IEC according 60060-1 POS & NEG polarities DC Corona test
	Mechanical type tests		X	

For a proper selection of polymeric materials for outdoor use under HV stress, IEC TR 62039 [5] gives guidance and defines different material properties. Next to already mentioned defined test methods in the table above, the tracking and erosion resistance according to IEC 60587 [19] as well as the retention of hydrophobicity are of relevance as well. None of these two properties have internationally defined test methods for DC application yet but are under intensive evaluation, such as CIGRE TB 611 [20] for the tracking and erosion resistance. Currently, active CIGRE Working Groups deal with the development of test methods and acceptance criteria, i.e. WG D1.58 for evaluation of the retention of hydrophobicity and WG D1.72 for the evaluation of tracking and erosion resistance under DC application.

At present there is no standardized tracking and erosion test for DC voltage. For many test parameters it can be defined similar as to the standard tests available for AC, the most important question, however, is the applied voltage. There is numerous data for tracking and erosion tests showing that when a DC voltage stress corresponds to the RMS value of AC voltage stress the level of deterioration will be higher at DC than at AC for the same test insulators. The corrosion stress on couplings is higher than in AC tests. In order not to impact the results of the housing test, the influence of the fittings can be removed by appropriate protective measures, for example by painting.

Annex D related to electrical field control is not applicable for DC grading rings. However, this may be still useful in DC if there is the need to prevent corona from the fittings and protect the triple point, but the electric field along the insulator is not controlled by capacitive distribution as for AC. Arcing devices are also less important in DC to limit the effect of power arc (protective function) due to the faster switch-off in case of short circuit and the reduced propensity of power arcs in DC [21].

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

Bibliography

- [1] IEC TR 62730, *HV polymeric insulators for indoor and outdoor use – Tracking and erosion testing by wheel test and 5 000 h test*
- [2] IEC Guide 111, *Electrical high-voltage equipment in high-voltage substations – Common recommendations for product standards*
- [3] IEC 60050-471, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*
- [4] IEC TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*
- [5] IEC TR 62039, *Selection guidelines for polymeric materials for outdoor use under HV stress*
- [6] IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions; part 1: environmental parameters and their severities*
- [7] CIGRE 22.03, Technical Brochure 184, *Composite Insulator Handling Guide*. April 2001
- [8] IEC TS 60815-3, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for AC systems*
- [9] CIGRE Technical Brochure 919, *Experience with and Application Guide for Composite Line Insulators*
- [10] CIGRE Technical Brochure 595, *Fingerprinting of polymeric insulating materials for outdoor use*
- [11] IEC 60826, *Design criteria of overhead transmission lines*
- [12] E. Bauer; E. Brand; R. Brand; H. Klein; L. Mocks; H. Schlotz: *Dynamic Processes during Load Transposition in multiple Sets with long Rod-Type Insulators*, CIGRE 1982, Paper 22-03
- [13] A. J. Phillips; J. Kuffel; A. Baker; J. Burnham; A. Carreira; E. Cherney; W. Chisholm; M. Farzaneh; R. Gemignani; A. Gillespie; T. Grisham; R. Hill; T. Saha; B. Valencia; J. Yu: IEEE Taskforce on Electric Fields and Composite Insulators: Electric Fields on AC Composite Transmission Line Insulators. IEEE transactions on power delivery, Vol. 23, No. 2, April 2008
- [14] A. J. Phillips; A. J. Maxwell; C. S. Engelbrecht; I. Gutman: *Electric-Field Limits for the Design of Grading Rings for Composite Line Insulators* IEEE transactions on power delivery, Vol. 30, No. 3, June 2015
- [15] I. Gutman; J. Lundquist; V. Dubickas; L. Carlshem; R. Kleveborn: *Design of corona/arcing rings when replacing cap-and-pin insulators by composite insulators*, 17th ISH-2011, Hannover, Germany, 22-26 August, 2011, A-007
- [16] I. Gutman; P. Sidenvall: *Optimal Dimensioning of Corona/Grading Rings for Composite Insulators: Calculations & Verification by Testing*, World Congress & Exhibition on Insulators, Arresters & Bushings, Munich, Germany, 18-21 October 2015

- [17] P. Sidenvall; I. Gutman; L. Carlshem; J. Bartsch; R. Kleveborn: *Development of the Water Drop Induced Corona WDIC Test Method for Composite Insulators*, IEEE Electrical Insulation Magazine, November/December 2015, Vol. 31, No. 6, p.p. 43-51
- [18] P. Sidenvall; I. Gutman; A. Deckwerth; L. Diaz; P. Meyer; J.F. Goffinet; K. Halsan; M. Leonhardsberger; M. Radosavljevic; P. Trenz; K. Varli; K. Välimaa: "*Limits of electrical field for composite insulators: state-of-the art and recent investigations of insulators purchased by power utilities*", Cigré Science & Engineering, N. 24, February 2022, p.p. 1-14
- [19] IEC 60587, *Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion*
- [20] CIGRE Technical Brochure 611: *Feasibility study for a DC tracking & erosion test*, Cigré Technical Brochure, 2015
- [21] A. Pigini; R. Brambilla; G. Pirovano: *Are shielding electrodes necessary for HVDV line insulators, the 20th International Symposium on High Voltage Engineering*, Buenos Aires, Argentina, August 27 – September 01, 2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	57
INTRODUCTION.....	59
1 Domaine d'application	61
2 Références normatives	61
3 Termes, définitions et abréviations	62
3.1 Termes et définitions	62
3.2 Abréviations	66
4 Identification	66
5 Conditions d'environnement.....	66
6 Transport, stockage et installation	67
7 Tolérances	68
8 Classification des essais	68
8.1 Essais de conception	68
8.2 Essais de type	69
8.3 Essais sur prélèvements	69
8.4 Essais individuels de série	69
9 Essais de conception	72
9.1 Généralités	72
9.2 Éprouvettes	73
9.2.1 Essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité	73
9.2.2 Essai de cheminement et d'érosion	73
9.2.3 Essais sur le matériau du noyau	73
9.2.4 Essais sur le noyau avec le revêtement	73
9.3 Précontrainte spécifique au produit pour les essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité	73
9.3.1 Généralités	73
9.3.2 Suppression brutale de la charge	73
9.3.3 Précontrainte thermomécanique	74
9.4 Essais de charge-temps du noyau assemblé	75
9.4.1 Éprouvettes	75
9.4.2 Essai de charge mécanique	75
10 Essais de type	75
10.1 Généralités	75
10.2 Essais électriques sur les éléments de chaîne d'isolateurs	76
10.2.1 Généralités	76
10.2.2 Éprouvettes	76
10.2.3 Configurations de montage pour les essais électriques	76
10.2.4 Essai de tension de tenue aux chocs de foudre à sec	76
10.2.5 Essais de tension à fréquence industrielle sous pluie	77
10.2.6 Essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous pluie	77
10.2.7 Essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques (RIV)	77
10.2.8 Essai d'arc de puissance	77
10.3 Essai de vérification de la limite d'endommagement et essai de vérification de l'étanchéité de l'interface entre les armatures d'extrémité et le revêtement de l'isolateur	78
10.3.1 Éprouvettes	78

10.3.2	Déroulement de l'essai	78
10.3.3	Évaluation de l'essai	80
11	Essais sur prélèvements	80
11.1	Règles générales	80
11.2	Vérification des dimensions (E1 + E2)	81
11.3	Vérification des armatures d'extrémité (E2)	81
11.4	Vérification de l'étanchéité de l'interface entre les armatures d'extrémité et le revêtement de l'isolateur (E2) et vérification de la charge mécanique spécifiée CMS (E1)	81
11.5	Essai de galvanisation (E2)	82
11.6	Épaisseur minimale de la gaine (E1)	82
11.7	Procédure de contre-épreuve	83
12	Essais individuels de série	84
12.1	Essai mécanique de série	84
12.2	Examen visuel	85
Annexe A	(informative) Principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charges et des essais pour les isolateurs composites de suspension et d'ancrage	86
A.1	Remarque introductive	86
A.2	Comportement charge-temps et limite d'endommagement	86
A.3	Coordination des charges de service	87
A.4	Essais de vérification	89
Annexe B	(informative) Exemple de deux dispositifs possibles pour le relâchement brutal de la charge	91
B.1	Dispositif 1 (Figure B.1)	91
B.2	Dispositif 2 (Figure B.2)	91
Annexe C	(informative) Recommandations pour les contraintes mécaniques non normalisées et les charges mécaniques dynamiques appliquées sur les isolateurs composites	93
C.1	Remarque introductive	93
C.2	Charges de torsion	93
C.3	Charges de compression (flambage)	93
C.4	Charges de flexion	94
C.5	Charges mécaniques dynamiques	95
C.6	Limites	95
Annexe D	(informative) Maîtrise des champs électriques pour les applications en courant alternatif	96
Annexe E	(informative) Croquis types pour l'assemblage des isolateurs composites	98
Annexe F	(informative) Évaluation mécanique de l'adhérence entre le noyau et le revêtement	99
F.1	Généralités	99
F.2	Méthode A: Essai d'arrachement	100
F.2.1	Généralités	100
F.2.2	Spécimens	100
F.2.3	Procédure	100
F.3	Méthode B: Essai de pelage	102
F.3.1	Généralités	102
F.3.2	Spécimens	103
F.3.3	Procédure	103
F.4	Méthode C: Essai de cisaillement	104
F.4.1	Généralités	104

F.4.2	Spécimens.....	104
F.4.3	Procédure.....	104
Annexe G (informative) Applicabilité des essais de conception et de type pour les applications en courant continu.....		105
Bibliographie.....		107
Figure 1 – Précontrainte thermomécanique.....		74
Figure 2 – Exemples pour l'essai de tenue à la CMS pendant 1 min.....		79
Figure 3 – Positions de mesure de l'épaisseur minimale de la gaine		82
Figure 4 – Méthode de contre-épreuve à différentes étapes.....		84
Figure A.1 – Courbe résistance-temps et limite d'endommagement d'un noyau assemblé avec ses armatures.....		87
Figure A.2 – Représentation graphique de la relation entre la limite d'endommagement et les caractéristiques mécaniques et les charges de service d'un isolateur possédant un noyau d'un diamètre de 16 mm et une valeur caractéristique CMS de 133 kN		88
Figure A.3 – Exemple 1 de relation de force spécifique appliquée.....		88
Figure A.4 – Exemple 2 de relation de force spécifique appliquée.....		89
Figure A.5 – Charges d'essai.....		90
Figure B.1 – Exemple de dispositif possible 1 pour le relâchement brutal de la charge		91
Figure B.2 – Exemple de dispositif possible 2 pour le relâchement brutal de la charge		92
Figure C.1 – Exemples de charges de compression exercées dans les chaînes d'isolateurs en V		94
Figure C.2 – Flambage d'un isolateur composite dans une configuration biphasée		94
Figure D.1 – Exemple de vecteurs de champs électriques sur un isolateur composite.....		97
Figure E.1 – Description de l'interface pour un isolateur avec revêtement constitué d'un assemblage modulaire et d'un produit d'étanchéité externe		98
Figure E.2 – Description de l'interface pour un isolateur avec revêtement constitué d'un moulage par injection et d'une armature d'extrémité surmoulée.....		98
Figure F.1 – Exemples de types de séparations des revêtements		99
Figure F.2 – Exemple de spécimen fixé à une machine d'essai de traction.....		101
Figure F.3 – Exemple d'objet d'essai pour l'essai d'arrachement et application du serrage et de la force.....		101
Figure F.4 – Dimensions pertinentes pour le calcul de la surface de la section d'arrachement.....		102
Figure F.5 – Exemple d'éprouvette pour l'essai de pelage.....		103
Figure F.6 – Méthode d'essai de pelage et spécimens observés après l'essai de pelage		103
Figure F.7 – Méthode d'essai de cisaillement et échantillons observés après l'essai de cisaillement – Séparation cohésive (l'échantillon a satisfait à l'essai).....		104
Tableau 1 – Conditions normales d'environnement		67
Tableau 2 – Essais à effectuer après des modifications de conception		70
Tableau 3 – Essais de conception.....		72
Tableau 4 – Application et configurations de montage pour les essais électriques		78
Tableau 5 – Tailles d'échantillons		81
Tableau G.1 – Essais de conception et de type pour les applications en courant continu.....		105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES –
ISOLATEURS COMPOSITES DE SUSPENSION ET D'ANCRAGE
DE TENSION SUPÉRIEURE À 1 000 V EN COURANT ALTERNATIF
ET À 1 500 V EN COURANT CONTINU –
DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAI ET CRITÈRES D'ACCEPTATION**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 61109 a été établie par le sous-comité 36B: Isolateurs pour lignes aériennes, du comité d'études 36 de l'IEC: Isolateurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) élargissement du présent document pour inclure les systèmes à courant alternatif et à courant continu;
- b) modifications de l'Article 3, Termes, définitions et abréviations;
- c) suppression de l'Article 7, Isolateurs hybrides, dans le présent document;
- d) modifications des procédures d'essai récemment incluses dans l'IEC 62217 (essai de transfert d'hydrophobie, essai de corrosion sous contrainte, essai de pénétration d'eau sur le noyau avec le revêtement);
- e) modifications des conditions d'environnement;
- f) modifications de la classification des essais et ajout de la pertinence des interfaces;
- g) clarification et modification des paramètres qui déterminent la nécessité de répéter les essais de conception et de type;
- h) révision du Tableau 1;
- i) révision des essais électriques de type;
- j) révision de la procédure de contre-épreuve de l'essai sur prélèvement;
- k) ajout d'une nouvelle Annexe D sur la maîtrise des champs électriques pour les applications en courant alternatif;
- l) ajout d'une nouvelle Annexe E sur les croquis types pour l'assemblage des isolateurs composites;
- m) ajout d'une nouvelle Annexe F sur l'évaluation mécanique de l'adhérence entre le noyau et le revêtement;
- n) ajout d'une nouvelle Annexe G sur l'applicabilité des essais de conception et de type pour les applications en courant continu.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
36/609/FDIS	36/611/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

La présente Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 62217:2012.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Les isolateurs composites de suspension et d'ancrage (ci-après désignés par le terme "isolateur composite") consistent en un noyau isolant en fibres de verre, qui supporte les charges mécaniques et qui est protégé par un revêtement en polymère, les charges étant transmises au noyau par les armatures d'extrémité métalliques. Malgré ces caractéristiques communes, les matériaux, les détails de conception et le procédé de fabrication utilisés par les fabricants peuvent différer.

Certains essais ont été regroupés dans la classe des "essais de conception" et ne doivent être effectués qu'une seule fois sur des isolateurs présentant les mêmes conditions de conception. Pour tous les essais de conception de ces isolateurs composites, les articles communs appropriés définis dans l'IEC 62217 sont appliqués. Dans la mesure du possible, l'influence du temps sur les propriétés électriques et mécaniques de ses composants (noyau, revêtement, interfaces, etc.) et des isolateurs composites complets a été prise en compte lors de la spécification des essais de conception, afin de procurer une durée de vie satisfaisante des isolateurs dans les conditions de charge normalement connues pour les lignes de transport. L'Annexe A explique les principes de la limite d'endommagement, la coordination des charges et les essais associés.

Il n'a pas été jugé pertinent de spécifier un essai d'arc de puissance comme obligatoire. Les paramètres d'essai sont multiples et peuvent avoir des valeurs très différentes selon les configurations du réseau et des supports et la conception des dispositifs de protection contre les arcs. L'effet thermique des arcs de puissance doit être pris en compte dans la conception des armatures métalliques. Des dommages majeurs sur les armatures métalliques causés par l'amplitude et la durée du courant de court-circuit peuvent être évités par l'emploi de dispositifs de protection contre les arcs bien dimensionnés. Néanmoins, le présent document n'exclut pas la possibilité d'un essai d'arc de puissance sous réserve d'un accord entre le fabricant et le client. L'IEC 61467 donne des détails sur les essais d'arc de puissance en courant alternatif de chaînes équipées complètes, qui reproduisent fidèlement leur configuration avec des dispositifs de protection et de fixation réels, afin de recréer les champs électromagnétiques réels qui agissent sur le mouvement des arcs.

Le présent document couvre les isolateurs composites à courant alternatif et à courant continu. En attendant la publication de la norme pertinente pour les applications en courant continu, la majorité des essais définis dans le présent document peuvent également s'appliquer au courant continu (Annexe G). En raison de la différence entre les performances de cheminement en courant alternatif et en courant continu, il est prévu d'élaborer une procédure d'essai de cheminement et d'érosion spécifique pour les applications en courant continu dans le cadre d'un essai de conception. L'essai de cheminement et d'érosion en courant alternatif de 1 000 h de l'IEC 62217 peut être utilisé afin de définir une exigence minimale pour la résistance au cheminement et à l'érosion. Cet essai de cheminement et d'érosion au brouillard salin de 1 000 h est considéré comme un essai de sélection destiné à rejeter les matériaux associés à la conception qui ne sont pas appropriés. Les essais de cheminement et d'érosion ne sont pas destinés à évaluer les performances à long terme des isolateurs. Ces essais, par exemple l'essai sous contraintes multiples de 5 000 h et l'essai à la roue de l'IEC TR 62730 [1]¹ ou d'autres essais, destinés à la recherche ou parfois utilisés comme essai de conception supplémentaire, ne sont pas pris en compte dans le présent document.

Les isolateurs composites de suspension et d'ancrage ne sont généralement pas prévus pour supporter des charges de torsion ou d'autres charges autres que la traction. Toutefois, pour les applications non normalisées (entretoises interphases, etc.), la conception doit prendre en compte les charges induites par la manipulation et l'installation. L'Annexe C fournit des recommandations pour les charges non normalisées.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Le Guide 111 de l'IEC [2] a été suivi autant que possible pour l'élaboration du présent document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

**ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES –
ISOLATEURS COMPOSITES DE SUSPENSION ET D'ANCRAGE
DE TENSION SUPÉRIEURE À 1 000 V EN COURANT ALTERNATIF
ET À 1 500 V EN COURANT CONTINU –
DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAI ET CRITÈRES D'ACCEPTATION**

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux isolateurs composites pour lignes aériennes qui sont constitués d'un noyau isolant plein cylindrique réalisé en fibres – généralement de verre – qui supporte les charges. Ces isolateurs possèdent une matrice en résine, un revêtement (recouvrant le noyau isolant) en matériau élastomère et des armatures d'extrémité métalliques fixées au noyau isolant.

Les isolateurs composites couverts par le présent document sont destinés à être utilisés pour la suspension ou l'ancrage de lignes, mais ces isolateurs peuvent parfois être sollicités en compression ou en flexion, par exemple lorsqu'ils sont utilisés comme entretoises interphases. L'Annexe C fournit des recommandations pour ces types de charges.

L'objet du présent document est de:

- définir les termes utilisés;
- spécifier les méthodes d'essai;
- spécifier les critères d'acceptation.

Le présent document ne définit pas d'exigences concernant le choix des isolateurs destinés à des conditions ou des environnements d'exploitation spécifiques, qui diffèrent des conditions normales d'environnement indiquées dans le Tableau 1.

2 Références normatives

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

IEC 60060-1, *Techniques d'essai à haute tension – Partie 1: Définitions générales et exigences d'essai*

IEC 60383-1, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 1: Éléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour systèmes à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 60383-2, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 2: Chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées pour systèmes à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 60437, *Essai de perturbations radioélectriques des isolateurs pour haute tension*

IEC 61284, *Lignes aériennes – Exigences et essais pour le matériel d'équipement*

IEC 61466-1, *Éléments de chaîne d'isolateurs composites pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 1: Classes mécaniques et armatures d'extrémité normalisées*

IEC 61467, *Isolateurs pour lignes aériennes – Chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées pour lignes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Essais d'arc de puissance en courant alternatif*

IEC 62217:², *Isolateurs polymériques à haute tension pour usage intérieur ou à l'extérieur – Définitions générales, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 62231, *Isolateurs supports composites rigides à socle destinés aux postes à courant alternatif de tensions supérieures à 1 000 V jusqu'à 245 kV – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

ISO 3452 (toutes les parties), *Essais non destructifs – Examen par ressuage*

3 Termes, définitions et abréviations

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

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

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

Note 1 à l'article: Certains termes de l'IEC 62217:2012 sont reproduits ici pour faciliter l'utilisation de la norme. D'autres définitions relatives aux isolateurs peuvent être trouvées dans l'IEC 60050-471 [3].

3.1 Termes et définitions

3.1.1

isolateur polymérique

isolateur dont le corps isolant se compose d'au moins un matériau organique

Note 1 à l'article: Cette note ne s'applique qu'au texte anglais.

Note 2 à l'article: Des dispositifs de couplage peuvent être fixés aux extrémités du corps isolant.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-13]

3.1.2

isolateur composite

isolateur constitué d'au moins deux parties isolantes, un noyau et un revêtement, et équipé d'armatures d'extrémité

Note 1 à l'article: Les isolateurs composites, par exemple, peuvent être constitués soit d'aillettes individuelles montées sur le noyau, avec ou sans gaine intermédiaire, ou alternativement, d'un revêtement moulé ou coulé directement sur le noyau en une ou plusieurs parties.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-02]

² En preparation. Stade au moment de la publication: IEC/RFDIS 62217:2025.

3.1.3**noyau (d'un isolateur)**

partie isolante interne d'un isolateur qui assure les caractéristiques mécaniques

Note 1 à l'article: Le revêtement et les ailettes ne font pas partie du noyau.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-03]

3.1.4**fût d'un isolateur**

partie isolante centrale d'un isolateur situé entre les ailettes

Note 1 à l'article: Cette note ne s'applique qu'au texte anglais.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-11]

3.1.5**revêtement**

partie isolante externe d'un isolateur composite, qui assure la ligne de fuite nécessaire et protège le noyau de l'environnement

Note 1 à l'article: Une gaine intermédiaire en matériau isolant peut faire partie du revêtement.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-09]

3.1.6**ailette (d'un isolateur)**

partie isolante en saillie sur le fût d'un isolateur, destinée à augmenter la ligne de fuite

Note 1 à l'article: Une ailette peut être avec ou sans ondulations.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-15]

3.1.7**interface**

surface de contact entre les différents matériaux

Note 1 à l'article: Les isolateurs composites comportent plusieurs interfaces, par exemple:

- entre le revêtement et les armatures d'extrémité;
- entre les différentes parties du revêtement, par exemple entre les ailettes fabriquées séparément ou entre les ailettes et la gaine;
- entre le noyau et le revêtement;
- entre le produit d'étanchéité et le noyau;
- entre le produit d'étanchéité et les armatures d'extrémité

(Annexe E: Croquis types pour l'assemblage des isolateurs composites

[SOURCE: IEC 62217:—, 3.11, modifiée – La modification apportée à la définition ne s'applique qu'au texte anglais, et la Note 1 à l'article a été modifiée]

3.1.8

armature de fixation, armature d'extrémité

dispositif, faisant partie d'un isolateur, qui sert à fixer celui-ci à une structure de support, à un conducteur, à une partie d'un équipement ou à un autre isolateur

Note 1 à l'article: Lorsque le dispositif de fixation est métallique, l'appellation "armature métallique" est généralement utilisée.

Note 2 à l'article: Les armatures d'extrémité normalisées sont définies dans l'IEC 61466-1.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-06]

3.1.9

zone de connexion

zone dans laquelle la charge mécanique est transmise entre le noyau et l'armature d'extrémité

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.13, modifiée – "entre le corps isolant et l'armature de fixation" a été remplacé par "entre le noyau et l'armature d'extrémité"]

3.1.10

couplage

partie de l'armature d'extrémité qui transmet la charge aux accessoires externes à l'isolateur

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.14, modifiée – "armature de fixation" a été remplacé par "armature d'extrémité", et "matériel externe" a été remplacé par "accessoires externes"]

3.1.11

ligne de fuite

distance la plus courte ou somme des distances les plus courtes le long de la surface d'un isolateur entre deux parties conductrices qui supportent normalement la tension de service entre elles

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-04]

3.1.12

distance d'arc

plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service

Note 1 à l'article: Le terme "distance d'arc à sec" est également utilisé.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

3.1.13

charge mécanique spécifiée

CMS

tenue en charge, spécifiée par le fabricant, qui est utilisée pour les essais mécaniques du présent document

3.1.14

charge mécanique individuelle

CMI

charge appliquée à l'ensemble des isolateurs composites assemblés au cours d'un essai mécanique de série

3.1.15**charge de rupture mécanique**

charge maximale qui est atteinte lorsque l'isolateur est soumis à l'essai dans les conditions prescrites

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-12, modifié - modifiée – La modification apportée à la définition ne s'applique qu'au texte anglais, et la Note 1 à l'article a été supprimée]

3.1.16**chaîne équipée**

assemblage d'une ou plusieurs chaînes d'isolateurs convenablement reliées et munies de tous les dispositifs de fixation et de protection prévus en service

Note 1 à l'article: Les termes "dispositifs d'extinction et de protection contre les champs" sont également utilisés pour désigner ces dispositifs de protection.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-03-02]

3.1.17**élément de chaîne d'isolateurs**

isolateur à capot et tige ou isolateur à long fût dont les dispositifs de fixation sont conçus pour assurer une liaison flexible avec les autres éléments de chaîne similaires ou avec les accessoires de connexion

Note 1 à l'article: Les isolateurs à capot et tige ne sont pas des isolateurs composites et ne font pas partie du présent document.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-03-08]

3.1.18**étanchéité**

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

Note 1 à l'article: Les agents atmosphériques polluants comprennent la pollution et l'humidité.

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

3.1.19**produit d'étanchéité (agent d'étanchéité)**

matériau supplémentaire utilisé pour l'étanchéité

Note 1 à l'article: Généralement, des silicones RTV sont utilisés pour les isolateurs composites.

Note 2 à l'article: Voir le produit d'étanchéité à l'Annexe E: Schéma de principe type pour l'assemblage des isolateurs composites.

3.1.20**anneau de garde/anneau anti-effluves**

dispositif de protection métallique fixé à l'armature d'extrémité de l'isolateur composite ou dispositif de fixation intermédiaire de la chaîne dont la fonction est de maintenir le champ électrique, en tout point le long de la surface de l'isolateur composite, au-dessous de la valeur maximale spécifiée

3.2 Abréviations

Les abréviations suivantes sont utilisées dans le présent document:

E1, E2	ensembles d'échantillons destinés aux essais sur prélèvements
M_{AV}	charge de rupture moyenne sur 1 min du noyau de l'isolateur assemblé avec ses armatures
CMI	charge mécanique individuelle
RTV (Room-Temperature-Vulcanizing Silicone)	silicone vulcanisé à température ambiante
CMS	charge mécanique spécifiée

4 Identification

Outre les exigences de l'IEC 62217, la CMS doit être apposée par marquage sur chaque isolateur.

Il est recommandé au fabricant de marquer ou d'étiqueter chaque isolateur pour indiquer que ce dernier a satisfait à l'essai mécanique de série.

5 Conditions d'environnement

Les conditions normales d'environnement auxquelles sont soumis les isolateurs en service sont définies dans l'IEC 62217 et indiquées dans le Tableau 1. Les termes sont définis comme suit:

- Environnement intérieur: installation à l'intérieur d'un bâtiment ou d'une autre construction dans laquelle les isolateurs sont protégés contre le vent, la pluie, la neige, les dépôts périodiques de pollution rapide, la condensation anormale, la glace et le givre.
- Environnement extérieur: installation à l'air libre, en dehors de tout bâtiment ou abri, dans laquelle les isolateurs sont soumis au vent, à la pluie, à la neige, aux dépôts périodiques de pollution rapide, à une condensation importante, à la glace et au givre.

Si les conditions de service des isolateurs polymériques s'écartent sensiblement des paramètres du Tableau 1, l'isolateur doit être conçu ou évalué dans le cadre d'un accord entre le client et le fabricant. Par ailleurs, si une expérience en service positive ("aucune défaillance") a été acquise pour un environnement et une conception d'isolateur spécifiques (y compris le matériau et le profil), l'isolateur peut être utilisé pour cet environnement spécifique, même en cas d'écart par rapport aux conditions normales d'environnement.

Tableau 1 – Conditions normales d'environnement

	Isolation intérieure	Isolation extérieure
Température de l'air ambiant maximale ^a	Ne dépasse pas 40 °C, et sa valeur moyenne mesurée sur une période de 24 h ne dépasse pas 35 °C	
Température de l'air ambiant minimale ^b	–25 °C	–40 °C
Vibrations	Vibrations mineures dues à des causes externes aux isolateurs ou à des secousses sismiques ^c	
Rayonnement solaire ^d	Non applicable	Jusqu'à un niveau de 1 120 W/m ²
Sévérité de pollution du site (SPS) ^e	Absence de pollution significative par poussière, fumée, gaz corrosifs et/ou inflammables, vapeurs, ou sel	Présence d'une pollution par poussière, fumée, gaz corrosifs, vapeurs ou sel. La pollution ne dépasse pas le niveau de la classe SPS "heavy" (élevée) définie dans l'IEC TS 60815-1 [5].
Humidité ^f	Absence de pluie, de neige, d'humidité anormale, de condensation, de glace et de givre	Présence de pluie, de neige, d'humidité anormale, de condensation, de glace et de givre
^a En cas de dépassement de la température, suivre les recommandations de l'IEC TR 62039 [5] pour le noyau et les matériaux adhésifs (comme la colle) fournies dans le paragraphe "glass transition temperature". ^b En général, les températures inférieures à –40 °C ne sont pas essentielles pour le service. Cependant, pour la manipulation et l'installation, la température de cristallisation du revêtement en polymère doit être prise en compte. Pour les installations de lignes exposées à des températures inférieures à –20 °C, des nuances d'acier spéciales présentant une faible température de transition ductile peuvent être spécifiées. ^c Les vibrations dues à des causes externes peuvent être traitées conformément à l'IEC 60721-1 [6]. ^d Pour les applications extérieures, l'influence d'un écart par rapport au niveau indiqué de 1 120 W/m² dépend du matériau de l'isolateur. Si les conditions de service des isolateurs polymériques s'écartent sensiblement des paramètres du Tableau 1, l'isolateur doit être conçu/évalué en tenant compte de l'expérience acquise en service. Si l'expérience acquise en service n'est pas suffisante, des essais spéciaux simulant les conditions de rayonnement solaire de la zone d'installation doivent être effectués. ^e En général, la pollution n'est pas problématique pour les isolateurs pour usage intérieur. Dans certains cas particuliers, comme les conditions intérieures en courant continu, les isolateurs peuvent être plus ou moins contaminés par les champs électriques générés par le courant continu. Cependant, le phénomène de contournement dû à la pollution ne peut pas se produire lorsque l'humidité est maîtrisée. Pour les conditions extérieures, l'IEC 62217 spécifie des exigences pour les contraintes rencontrées dans des environnements relativement difficiles, mais pas extrêmes (voir, par exemple, les essais de contrôle de l'hydrophobie et les essais de cheminement et d'érosion pour lesquels des critères sont fournis dans l'IEC TR 62039). ^f Si les écarts sont limités par rapport aux conditions susmentionnées, les isolateurs pour usage intérieur peuvent également être utilisés sous réserve qu'une expérience en service positive ("aucune défaillance") ait été acquise et si la condensation est occasionnelle. Pour limiter les phénomènes liés à la condensation, la valeur moyenne de la condition d'humidité anormale mesurée ne dépasse pas 95 % lorsqu'elle est mesurée sur une période de 24 h ou 90 % lorsqu'elle est mesurée sur une période d'un mois. Le dépassement de ces valeurs est considéré comme une condition d'humidité anormale.		

6 Transport, stockage et installation

Outre les exigences de l'IEC 62217, des informations relatives à la manipulation des isolateurs composites peuvent être trouvées dans les documents TB 184 [7] et TB 919 [9] du CIGRÉ. Pendant l'installation ou lorsqu'ils sont utilisés dans des configurations non normalisées, les isolateurs composites peuvent être soumis à de fortes contraintes de torsion, de compression ou de flexion pour lesquelles ils n'ont pas été conçus. L'Annexe C fournit des recommandations pour ces types de charges.

Lorsque cela est exigé, il convient de fournir au client les instructions d'assemblage des anneaux de garde/anneaux anti-effluves, qui expliqueront notamment comment positionner et installer correctement les anneaux de garde/anneaux anti-effluves sur les isolateurs.

7 Tolérances

Sauf spécification contraire, une tolérance de

- $\pm (0,04 \times d + 1,5)$ mm lorsque $d \leq 300$ mm,
- $\pm (0,025 \times d + 6)$ mm lorsque $d > 300$ mm avec une tolérance maximale $d \pm 50$ mm

doit être autorisée sur toutes les dimensions pour lesquelles des tolérances spécifiques ne sont pas demandées ou indiquées sur le plan de l'isolateur (dimension d exprimée en millimètres).

Les lignes de fuite mesurées doivent être cohérentes avec les dimensions et les tolérances de conception déterminées à partir du plan de l'isolateur, même si cette dimension est supérieure à la valeur initialement spécifiée. Lorsqu'une ligne de fuite minimale est spécifiée, la tolérance négative sur la ligne de fuite minimale est de zéro.

Pour les isolateurs présentant une ligne de fuite supérieure à 3 m, il est permis de mesurer une courte section de l'isolateur sur une longueur de 1 m environ et d'effectuer le calcul par extrapolation, à condition que les longueurs non mesurées aient les mêmes diamètres, profils et espacements des ailettes que la section mesurée sur laquelle est effectuée l'extrapolation.

8 Classification des essais

8.1 Essais de conception

L'objet des essais de conception est de vérifier l'adéquation de la conception, des matériaux et de la méthode (technologie) de fabrication. Une conception d'isolateur composite est définie par les éléments suivants:

- matériaux de revêtement, y compris leur formulation et le procédé de fabrication utilisé;
- matériaux de noyau;
- matériaux, procédé de fabrication et méthode de fixation (à l'exclusion du couplage) des armatures d'extrémité;
- épaisseur du revêtement recouvrant le noyau (y compris la gaine le cas échéant);
- diamètre du noyau;
- interfaces:
 - conception de l'interface noyau/revêtement, y compris le type d'agent de couplage (primaire) et l'assemblage;
 - conception de l'interface revêtement/armature d'extrémité;
 - interface noyau/armature d'extrémité;
 - interfaces fût/ailette et fût/fût (le cas échéant).

Si des modifications sont apportées à la conception d'un isolateur, une requalification doit alors être effectuée conformément au Tableau 2.

Lorsqu'un isolateur composite est soumis aux essais de conception, il devient un isolateur de conception équivalente pour une conception donnée et les résultats doivent être considérés comme valables pour cette conception seulement. L'isolateur de conception équivalente, qui a ainsi été soumis aux essais, définit une conception particulière d'isolateurs partageant l'ensemble des caractéristiques suivantes:

- a) matériaux identiques (y compris leurs formulations) du noyau et du revêtement et méthode de fabrication identique (y compris le procédé d'assemblage du revêtement);
- b) matériau identique des armatures, conception identique de l'interface noyau/armature d'extrémité et géométrie identique de l'interface revêtement/armature;
- c) épaisseur de couche minimale du revêtement recouvrant le noyau (y compris la gaine le cas échéant) identique ou supérieure;
- d) contrainte sous charges mécaniques identique ou inférieure;

NOTE Par exemple, la CMS peut servir de charge de référence mécanique. La contrainte est calculée en divisant la charge par la section du noyau.

- e) diamètre du noyau identique ou supérieur;
- f) paramètres de profil de revêtement équivalents, voir la Note (a) dans le Tableau 2.

8.2 Essais de type

L'objet des essais de type est de vérifier les caractéristiques principales d'un isolateur composite, qui dépendent essentiellement de la forme et de la taille de l'isolateur. Ils permettent également de confirmer les caractéristiques mécaniques du noyau assemblé (voir l'Article A.4). Ils sont effectués sur des isolateurs dont la classe a satisfait aux essais de conception.

Un type d'isolateur est défini électriquement par la distance d'arc, la ligne de fuite, l'inclinaison, la projection et l'espacement des ailettes d'un isolateur.

En outre, le Tableau 2 répertorie les caractéristiques de conception des isolateurs qui, lorsqu'elles sont modifiées, exigent également la répétition des essais électriques de type.

Un type d'isolateur est défini mécaniquement par une CMS maximale pour un diamètre de noyau, une méthode de fixation et une conception des couplages donnés. L'Annexe A traite de la coordination type entre la CMS et les charges de service.

Les essais mécaniques de type doivent être effectués une seule fois sur les isolateurs remplissant les critères ci-dessus pour chaque type.

En outre, le Tableau 2 répertorie les autres caractéristiques de conception des isolateurs qui, lorsqu'elles sont modifiées, exigent également la répétition des essais mécaniques de type.

8.3 Essais sur prélèvements

L'objet des essais sur prélèvements est de vérifier les autres caractéristiques des isolateurs composites, notamment celles qui dépendent de la qualité de fabrication et des matériaux utilisés. Ils sont effectués sur des isolateurs prélevés de manière aléatoire dans les lots présentés pour acceptation.

8.4 Essais individuels de série

L'objet des essais individuels de série est d'éliminer les isolateurs composites qui présentent des défauts de fabrication. Des essais individuels de série sont effectués sur chaque isolateur composite.

Tableau 2 – Essais à effectuer après des modifications de conception

Si la modification de conception de l'isolateur concerne:				ALORS les essais suivants doivent être répétés:										Essais de type	
				Essais de conception											
	IEC 62217	IEC 61109		IEC 62217 Essais sur le revêtement du matériau				IEC 62217 Essais sur le matériau du noyau				IEC 62217 Essais sur le noyau avec le revêtement	IEC 61109		
	Interfaces et armatures d'extrémité	Essais de charge-temps du noyau assemblé		Essai de dureté	Essai climatique accéléré	Essai de cheminement et d'érosion	Essai d'inflammabilité	Essai de transfert d'hydrophobie	Essai de pénétration de colorant	Essai de pénétration d'eau	Essai de corrosion sous contrainte	Essai de pénétration d'eau sur le noyau avec le revêtement	Essais électriques de type	Essais mécaniques de type	
1	Revêtement														
1a	X	X		X	X ^{d)}	X	X ^{d)}	X ^{e)}				X			
1b	X ^{b)}					X							X ^{a)}		X ^{b)}
1c						X ^{a)}									
2	Noyau														
2a	X	X							X	X	X ^{a), d), e)}	X			X
2b	X ^{b), c)}	X ^{b), c)}				X ^{b)}			X ^{b)}	X ^{b)}		X ^{b)}			X ^{b), c)}
3	Armature d'extrémité														
3a	X	X													X
3b	X	X													X
3c															X
4	Interface														
4a	X											X			
4b	X					X									X
4c	X					X						X			

a) Pas nécessaire si l'épaisseur du revêtement recouvrant le noyau (y compris la gaine le cas échéant) est supérieure ou égale à celle de l'isolateur de conception équivalente. Les nombres relatifs suivants sont fournis à titre de référence et ne constituent pas une modification du profil: - projection des ailettes: $\pm 10\%$; - épaisseur des ailettes à la base et à l'extrémité: $\pm 15\%$; - espacement des ailettes: $\pm 15\%$; - inclinaisons des ailettes: $\pm 3^\circ$; - répétition des ailettes: identique. Ces tolérances relativement strictes peuvent entraîner une augmentation de la demande d'essais de cheminement et d'érosion en raison de la variété des profils de revêtement existants. Certains paramètres du profil, comme la projection et l'espacement des ailettes, peuvent causer de telles variations. Par conséquent, les écarts d'un profil candidat, qui dépassent les tolérances susmentionnées pour la projection et l'espacement des ailettes, peuvent être adaptés par accord entre le fabricant et le client si le profil candidat ne dépasse pas les écarts mineurs définis dans l'IEC TS 60815-3 [10] pour la projection et l'espacement des ailettes par rapport aux profils d'aillettes qui ont satisfait à l'essai de cheminement et d'érosion. Les paramètres du profil candidat doivent alors se situer entre les paramètres du profil qui a été soumis à l'essai. b) Des variations du diamètre du noyau de $\pm 15\%$ ne constituent pas une modification. c) Pas nécessaire si la contrainte sous charges mécaniques est identique ou inférieure. d) Pas nécessaire en cas de modification du procédé de fabrication sans changement de matériau. e) Applicable aux matériaux qui doivent posséder cette propriété.	
1	Matériaux de revêtement/formulations: éthylène propylène diène monomère (EPDM), silicone vulcanisé à haute température, caoutchouc silicone liquide, silicone vulcanisé à température ambiante, etc. Formulation: toute modification dans la formulation du matériau, que ce soit par des changements d'ingrédients ou de leur dosage (cet aspect peut être vérifié par un contrôle à la réception, par exemple l'essai d'empreinte selon le document TB 595 [10] du CIGRÉ).
2	Processus de fabrication/assemblage du revêtement: Fabrication: moulage par injection, procédé modulaire, moulage par compression en une seule pièce. Assemblage: l'aillette et la gaine sont assemblées séparément.
3	Matériaux des noyaux (résine polyester, résine époxy, ...), leur formulation (par exemple, teneur en verre) et procédé de fabrication associé (par exemple, pultrusion, enroulement filamentaire).
4	Matériaux des armatures d'extrémité (acier, fonte ductile, fonte malléable), procédé de fabrication associé (forgeage, moulage) et méthode de fixation associée (à l'exclusion du couplage).
5	Conception de la zone de connexion de l'armature d'extrémité: conception de l'interface noyau/armature d'extrémité (par exemple, surface de sertissage: diamètre du noyau et longueur de sertissage, rugosité, etc.).
6	Conception de l'interface noyau/revêtement, y compris le type d'agent de couplage (primaire) et l'assemblage.
7	Interfaces revêtement/armature d'extrémité (par exemple, surmoulées/non surmoulées).
8	interfaces fût/aillettes et fût/fût le cas échéant.
NOTE L'Annexe E fournit des croquis des différents types d'interfaces.	

9 Essais de conception

9.1 Généralités

Ces essais comprennent les essais spécifiés dans l'IEC 62217 ainsi qu'un essai spécifique de charge-temps du noyau assemblé, indiqué dans le Tableau 3. Les essais de conception sont effectués une seule fois, et leurs résultats sont consignés dans un rapport d'essai. Chaque partie peut être effectuée indépendamment sur des éprouvettes neuves, le cas échéant. L'isolateur composite d'une conception particulière ne doit être qualifié que lorsque les isolateurs ou éprouvettes ont tous satisfait aux essais de conception.

Tableau 3 – Essais de conception

Essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité
Essai de décharge disruptive à fréquence industrielle à sec de référence
Précontraintes – Précontrainte par suppression brutale de la charge Précontrainte thermomécanique (voir le 9.3.1 et le 9.3.2)
Précontrainte par immersion dans l'eau
Essais de vérification
Examen visuel
Essai sous onde de choc à front raide
Essais de tension à fréquence industrielle à sec
Essais sur le matériau du revêtement
Essai de dureté
Essai climatique accéléré
Essai de cheminement et d'érosion – voir le 9.2.2 pour les spécimens
Essai d'inflammabilité
Essai de transfert d'hydrophobie
Essais sur le matériau du noyau – voir le 9.2.3 pour les spécimens
Essai de pénétration de colorant
Essai de pénétration d'eau
Essai de corrosion sous contrainte
Essais sur le noyau avec le revêtement – voir le 9.2.4 pour les spécimens
Essai de pénétration d'eau sur le noyau avec le revêtement
Essai de charge-temps du noyau assemblé – voir le 9.4 pour les spécimens
Détermination de la charge de rupture moyenne du noyau de l'isolateur assemblé
Vérification de la tenue en charge sur 96 h

L'Annexe G traite de l'applicabilité des essais de conception pour les applications en courant continu.

9.2 Éprouvettes

9.2.1 Essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité

Trois isolateurs prélevés sur la chaîne de production doivent être soumis à l'essai. La longueur d'isolement (espacement des parties métalliques) ne doit pas être inférieure à 800 mm. Les deux armatures d'extrémité doivent être identiques à celles qui équipent les isolateurs de production normale. Les armatures d'extrémité doivent être assemblées de telle sorte que la partie isolante entre l'armature et l'ailette la plus proche soit identique à celle de l'isolateur prélevé sur la chaîne de production. Si des entretoises, des bagues de fixation ou d'autres composants créant des interfaces sont utilisés dans la conception de l'isolateur (en particulier les isolateurs plus longs), le prélèvement doit inclure ces dispositifs dans leur position normale.

NOTE 1 Un quatrième isolateur peut être nécessaire pour l'étalonnage du circuit d'essai sous onde de choc à front raide.

NOTE 2 Si le fabricant ne peut produire que des isolateurs de moins de 800 mm, les essais de conception peuvent être effectués sur des isolateurs de la longueur disponible, mais les résultats ne seront valables que jusqu'aux longueurs soumises à l'essai.

9.2.2 Essai de cheminement et d'érosion

Si la conception de l'isolateur (en particulier les isolateurs plus longs) incorpore des entretoises, des bagues de fixation ou d'autres composants qui créent des interfaces, les prélèvements pour cet essai doivent inclure ces dispositifs dans leur position normale.

La ligne de fuite de l'échantillon doit être comprise entre 500 mm et 800 mm, comme cela est spécifié dans l'IEC 62217. Si la présence d'entretoises ou de joints (voir ci-dessus) exige une ligne de fuite plus élevée, les essais de conception peuvent être effectués sur des isolateurs qui présentent des distances de fuite d'une longueur la plus proche possible de 800 mm. Si le fabricant ne peut produire que des isolateurs avec une ligne de fuite inférieure à 500 mm, les essais de conception peuvent être effectués sur des isolateurs de la longueur disponible, mais les résultats ne seront valables que jusqu'aux longueurs soumises à l'essai.

9.2.3 Essais sur le matériau du noyau

Les spécimens, la méthode d'essai et les critères d'acceptation doivent être conformes aux spécifications de l'IEC 62217.

9.2.4 Essais sur le noyau avec le revêtement

Les spécimens, la méthode d'essai et les critères d'acceptation doivent être conformes aux spécifications de l'IEC 62217.

NOTE L'Annexe F décrit les méthodes mécaniques supplémentaires applicables pour vérifier le niveau d'adhérence à l'interface noyau/revêtement. Pour les essais de conception, la méthode A est préférentielle. Si un essai de pénétration d'eau sur le noyau avec le revêtement et des essais d'arrachement sont effectués, les mêmes spécimens que ceux utilisés préalablement lors de l'essai de pénétration d'eau sur le noyau avec le revêtement peuvent être utilisés pour l'essai d'arrachement, comme cela est décrit à l'Annexe F.

9.3 Précontrainte spécifique au produit pour les essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité

9.3.1 Généralités

Les essais doivent être effectués sur les trois spécimens, selon la séquence décrite dans le présent paragraphe.

9.3.2 Suppression brutale de la charge

L'objet de cet essai est d'appliquer une précontrainte sur l'ensemble des interfaces et connexions, y compris l'interface ailette/fût. Il ne porte pas sur la connexion des armatures d'extrémité uniquement.

Lorsque la température de l'isolateur est comprise entre -20 °C et -25 °C au début du test, chaque éprouvette est soumise pendant au moins 1 min à cinq suppressions brutales d'une charge de traction correspondant à 30 % de la CMS.

L'Annexe B décrit deux exemples de dispositifs possibles pour la suppression brutale de la charge. Si un autre procédé/dispositif est utilisé, la durée de suppression brutale de la charge doit être $< 50\text{ ms}$.

NOTE Dans certains cas, une température plus basse peut être fixée par accord.

9.3.3 Précontrainte thermomécanique

Avant de commencer l'essai, les spécimens doivent être soumis à température ambiante à au moins 5 % de la CMS pendant 1 min. La longueur des spécimens doit être mesurée avec une exactitude de 0,5 mm pendant cette période. Cette longueur doit être prise comme la longueur de référence.

Les spécimens sont ensuite soumis à des cycles de température sous une charge mécanique continue (voir la Figure 1), en exécutant quatre fois le cycle de température de 24 h. Chaque cycle de 24 h consiste en l'application de deux niveaux de température pendant au moins 8 h chacun, l'un à $(+50 \pm 5)\text{ °C}$ et l'autre à $(-35 \pm 5)\text{ °C}$. La période froide doit correspondre à une température d'au moins 85 K au-dessous de la valeur réellement appliquée pendant la période chaude. La précontrainte peut être appliquée dans l'air ou tout autre milieu adapté.

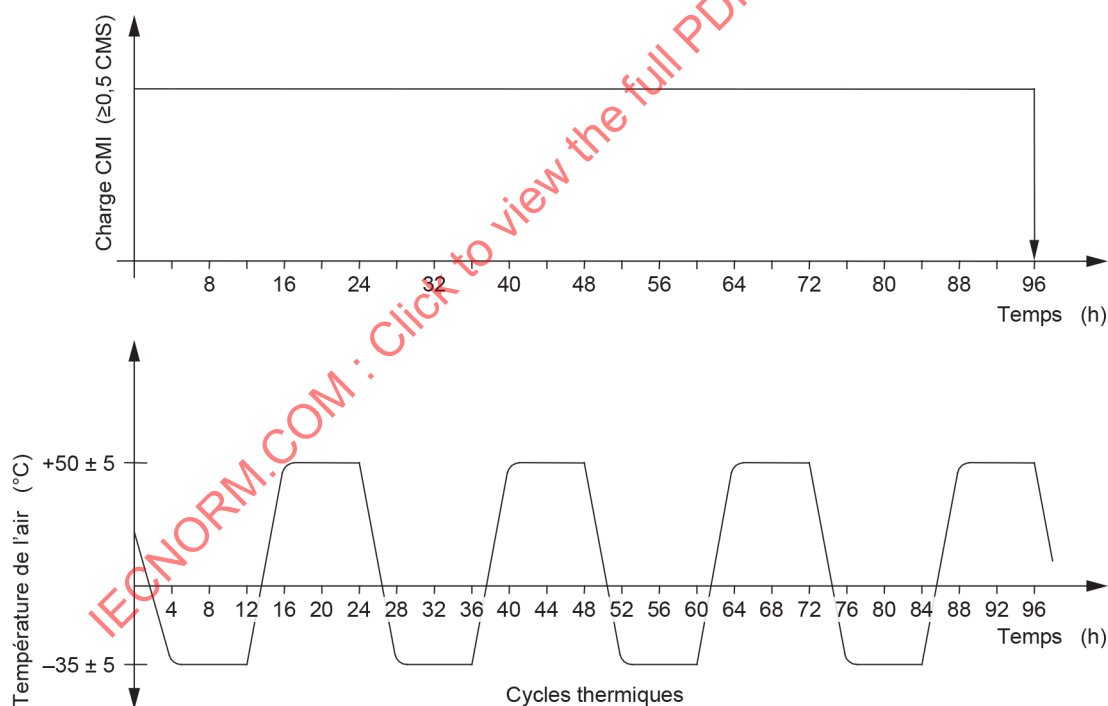


Figure 1 – Précontrainte thermomécanique

La charge mécanique appliquée doit être égale à la CMI (au moins 50 % de la CMS) du spécimen. Le spécimen doit être soumis, à température ambiante, à une charge avant de commencer le premier cycle thermique.

Les cycles peuvent être interrompus pour effectuer l'entretien du matériel d'essai pour une durée totale de 2 h. Le point de départ après toute interruption doit être le début du cycle interrompu.

Après l'essai, la longueur doit de nouveau être mesurée de manière similaire, sous la même charge et à la température initiale du spécimen (afin d'obtenir des informations supplémentaires concernant le déplacement relatif des armatures métalliques).

NOTE 1 Les températures et les charges dans cette précontrainte ne sont pas destinées à représenter les conditions de service, mais ont pour objet de produire des contraintes reproductibles spécifiques au niveau des interfaces de l'isolateur.

NOTE 2 Dans certains cas, une température plus basse peut être fixée par accord.

9.4 Essais de charge-temps du noyau assemblé

9.4.1 Éprouvettes

Six isolateurs prélevés sur la chaîne de production doivent être soumis à l'essai. La longueur d'isolement (espacement des parties métalliques) ne doit pas être inférieure à 800 mm. Les deux armatures d'extrémité doivent être identiques en tout point à celles qui équipent les isolateurs prélevés sur la chaîne de production, excepté qu'elles peuvent être modifiées en aval de l'extrémité de la zone de connexion afin d'éviter une défaillance des couplages.

Les six isolateurs doivent être soumis à un examen visuel, en vérifiant notamment que leurs dimensions sont conformes aux plans.

NOTE Si le fabricant ne peut produire que des isolateurs de moins de 800 mm, les essais de conception peuvent être effectués sur des isolateurs de la longueur disponible, mais les résultats ne seront valables que jusqu'aux longueurs soumises à l'essai.

9.4.2 Essai de charge mécanique

9.4.2.1 Généralités

Cet essai est effectué en deux parties, à température ambiante.

9.4.2.2 Détermination de la charge de rupture moyenne du noyau de l'isolateur assemblé (M_{AV})

Trois des isolateurs composites doivent être soumis à une charge de traction. Cette charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à environ 75 % de la CMS. Elle doit ensuite être augmentée progressivement dans un délai de 30 s à 90 s jusqu'à la CMS. Lorsque celle-ci est atteinte, la charge est augmentée progressivement jusqu'à la rupture ou l'arrachement complet du noyau. La moyenne des trois charges de rupture M_{AV} doit être calculée.

9.4.2.3 Vérification de la tenue en charge sur 96 h

Les trois isolateurs composites restants doivent être soumis à une charge de traction. Cette charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à 60 % de la M_{AV} , calculée au 9.4.2.2. Elle doit être maintenue à cette valeur pendant 96 h sans défaillance (rupture ou arrachement complet). Si l'application de la charge est interrompue pour une quelconque raison, alors l'essai doit être redémarré sur un spécimen neuf.

10 Essais de type

10.1 Généralités

L'Annexe G traite de l'applicabilité des essais de type pour les applications en courant continu.

10.2 Essais électriques sur les éléments de chaîne d'isolateurs

10.2.1 Généralités

Les essais électriques de type doivent être effectués une seule fois sur les isolateurs composites remplissant les conditions indiquées dans le Tableau 2. Si des dispositifs de protection contre les arcs et de maîtrise des champs électriques sont utilisés en service et qu'ils sont incorporés à une conception d'isolateur donnée, ces dispositifs doivent être utilisés pour les essais électriques des éléments de chaîne d'isolateurs conformément aux plans et aux spécifications du fabricant.

Les essais électriques spécifiés dans le présent document font partie des essais de type de produit et sont valables pour des éléments de chaîne d'isolateurs spécifiques. Ces essais et leurs résultats diffèrent de ceux applicables aux chaînes équipées entièrement assemblées, en raison de la configuration des pièces de garde et des conducteurs associés. C'est pourquoi il est nécessaire de déterminer si les valeurs électriques spécifiées s'appliquent à un élément de la chaîne d'isolateurs en particulier ou à la chaîne équipée complète. Le Tableau 4 indique l'application des éléments de chaîne d'isolateurs et des chaînes équipées.

Les résultats des essais électriques peuvent être déterminés par interpolation pour les éléments de chaîne d'isolateurs de longueur intermédiaire, à condition que le facteur entre les distances d'arc des isolateurs observées aux bornes de la plage d'interpolation, soit inférieur ou égal à 1,5. Il n'est pas autorisé de procéder par extrapolation.

Les valeurs et les procédures d'essai dépendent généralement de l'application (usage en intérieur ou en extérieur) et doivent donc être appliquées conformément aux spécifications du client.

NOTE Les essais électriques de type des éléments de chaîne d'isolateurs peuvent être effectués dans des conditions spécifiques au client, si cela est exigé et fixé par accord entre le fabricant et le client.

10.2.2 Éprouvettes

Un isolateur prélevé sur la chaîne de production doit être soumis à l'essai. L'isolateur doit être soumis à un examen visuel, en vérifiant notamment que ses dimensions sont conformes aux plans.

Si un élément de chaîne d'isolateurs incorpore des anneaux de protection contre les champs électriques (anneaux de garde) et que ceux-ci sont spécifiés dans le plan du produit d'un fabricant, ces anneaux doivent être utilisés lors de l'essai.

10.2.3 Configurations de montage pour les essais électriques

Les configurations de montage pour les essais électriques sur les éléments de chaîne d'isolateurs doivent être conformes aux spécifications du Tableau 4.

Les essais doivent être effectués conformément à l'IEC 60060-1.

10.2.4 Essai de tension de tenue aux chocs de foudre à sec

Le circuit d'essai, la tension d'essai et la procédure d'essai doivent être conformes aux critères définis dans l'IEC 60060-1.

Cet essai s'applique aux éléments de chaîne d'isolateurs destinés à être utilisés en intérieur et en extérieur.

10.2.5 Essais de tension à fréquence industrielle sous pluie

Un essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie doit être privilégié.

Un essai de décharge disruptive à fréquence industrielle sous pluie peut être effectué en complément.

Le circuit d'essai, la tension d'essai et la procédure d'essai doivent être conformes aux critères définis dans l'IEC 60060-1.

Les essais sous pluie s'appliquent uniquement aux éléments de chaîne d'isolateurs composites destinés à être utilisés en extérieur.

Pour les isolateurs destinés à être utilisés en intérieur, des essais à sec selon l'IEC 60060-1 sont exigés.

10.2.6 Essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous pluie

Un essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous pluie est exigé pour les isolateurs destinés à des systèmes avec $U_m \geq 300$ kV.

Le circuit d'essai, la tension d'essai et la procédure d'essai doivent être conformes aux critères définis dans l'IEC 60060-1.

Les essais sous pluie s'appliquent uniquement aux éléments de chaîne d'isolateurs composites destinés à être utilisés en extérieur.

Pour les isolateurs destinés à être utilisés en intérieur, des essais à sec selon l'IEC 60060-1 sont exigés.

10.2.7 Essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques (RIV)

Les essais d'effet couronne et de perturbations radioélectriques (RIV, *Radio-Interference Voltage*) concernent majoritairement les chaînes équipées entièrement assemblées. Ces essais peuvent également être effectués sur les éléments de chaîne d'isolateurs si le niveau de tension du système ou si l'application exige l'intégration d'anneaux de protection contre les champs électriques (anneaux de garde) et que ceux-ci sont spécifiés dans les plans du produit de l'élément de chaîne d'isolateurs. La maîtrise des champs électriques est décrite à l'Annexe D.

10.2.8 Essai d'arc de puissance

Il n'est généralement pas exigé d'effectuer un essai d'arc de puissance sur les éléments de chaîne d'isolateurs.

Tableau 4 – Application et configurations de montage pour les essais électriques

Essai	Élément de chaîne d'isolateurs (isolateur composite simple)	Chaîne équipée ² (informative)
Essai de tension de tenue aux chocs de foudre à sec	selon l'IEC 60383-2 et l'IEC 60060-1	selon l'IEC 60383-2, l'IEC 61284 et l'IEC 60060-1
Essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie ¹	selon l'IEC 60383-2 et l'IEC 60060-1	selon l'IEC 60383-2, l'IEC 61284 et l'IEC 60060-1
Essai de décharge disruptive (contournement) à fréquence industrielle sous pluie ¹	selon l'IEC 60383-2 et l'IEC 60060-1	selon l'IEC 60383-2, l'IEC 61284 et l'IEC 60060-1
Essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous pluie pour les isolateurs destinés à des systèmes avec $U_m \geq 300$ kV ¹	selon l'IEC 60383-2 et l'IEC 60060-1	selon l'IEC 60383-2, l'IEC 61284 et l'IEC 60060-1
Essais d'effet couronne/RIV	Non obligatoires et généralement non applicables	selon l'IEC 61284 et l'IEC 60437
Essai d'arc de puissance	Non obligatoire et généralement non applicable	selon l'IEC 61467
¹ Cet essai s'applique aux éléments de chaîne d'isolateurs destinés à être utilisés en extérieur. ² Si cela est exigé, l'essai de l'effet couronne induit par les gouttes d'eau (WDIC, <i>Water Drop Induced Corona</i>) peut être effectué sur les chaînes équipées (en lieu et place, ou en complément, des calculs de champ électrique) sous la forme d'un essai physique afin de vérifier la protection contre les champs électriques et de prévenir la dégradation des matériaux de revêtement en polymère sous l'effet du phénomène de couronne induit par les gouttes d'eau [9].		

10.3 Essai de vérification de la limite d'endommagement et essai de vérification de l'étanchéité de l'interface entre les armatures d'extrémité et le revêtement de l'isolateur

10.3.1 Éprouvettes

Quatre isolateurs prélevés sur la chaîne de production doivent être soumis à l'essai. Pour les isolateurs longs, des spécimens peuvent être fabriqués et assemblés sur la chaîne de production, avec une longueur d'isolement (espacement des parties métalliques) supérieure ou égale à 800 mm. Les deux armatures d'extrémité doivent être identiques à celles qui équipent les isolateurs de production normale. Les armatures doivent être assemblées de telle sorte que la partie isolante entre l'armature et l'ailette la plus proche soit identique à celle de l'isolateur prélevé sur la chaîne de production. Les isolateurs doivent être soumis à un examen visuel, en vérifiant notamment que leurs dimensions sont conformes aux plans. Ils doivent ensuite être soumis à l'essai mécanique de série conformément au 12.1.

NOTE Si le fabricant ne peut produire que des isolateurs de moins de 800 mm, les essais de conception peuvent être effectués sur des isolateurs de la longueur disponible, mais les résultats ne seront valables que jusqu'aux longueurs soumises à l'essai.

10.3.2 Déroulement de l'essai

- Les quatre spécimens sont soumis, à température ambiante, à une charge de traction appliquée entre les couplages. Cette charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à 70 % de la CMS. Elle doit être maintenue à cette valeur pendant 96 h.
- À l'issue de l'essai de 96 h, les deux extrémités de l'un des quatre spécimens doivent être soumises à un essai de pénétration de colorant, conformément à l'ISO 3452, afin de mettre en évidence la présence éventuelle de fissures sur le revêtement dans la zone comportant la longueur totale de l'interface entre le revêtement et l'armature métallique et incluant une zone supplémentaire suffisamment étendue en aval de l'extrémité de la partie métallique.

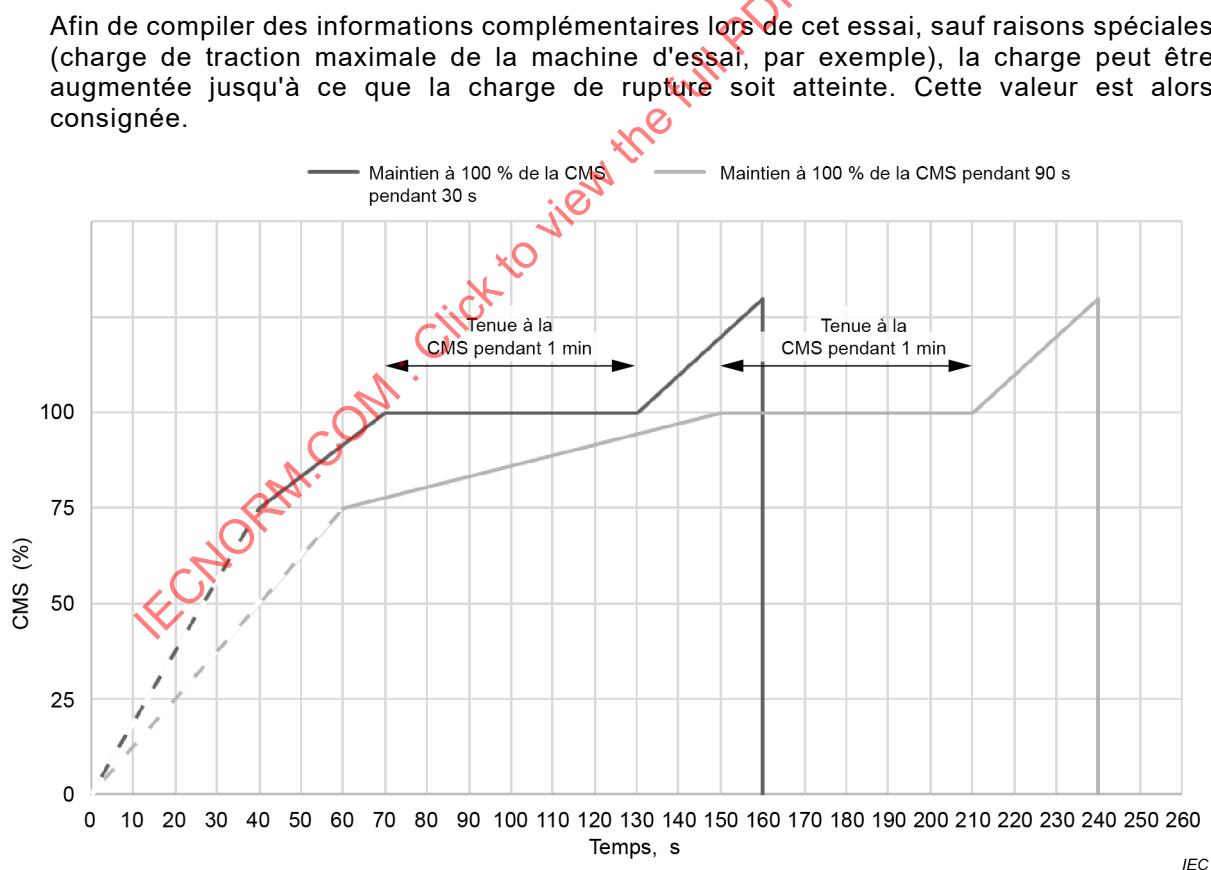
Cet essai doit être effectué comme suit:

- la surface doit être prénéttoyée soigneusement avec l'agent de nettoyage;
- l'agent de pénétration doit être appliqué sur la surface nettoyée, en le laissant agir pendant 20 min;
- la surface doit être débarrassée de l'excédent d'agent de pénétration et ensuite séchée;
- si cela est nécessaire, le révélateur doit être appliqué;
- la surface doit être examinée.

Certains matériaux de revêtement peuvent être pénétrés par l'agent de pénétration. Dans ce cas, des preuves doivent être apportées pour valider l'interprétation des résultats.

Le spécimen doit être examiné visuellement à l'issue de l'essai de pénétration. Si des craquelures sont visibles, le revêtement, et si cela est nécessaire, les armatures métalliques et le noyau doivent être coupés en deux moitiés perpendiculairement à la craquelure au milieu de la plus large des craquelures visibles. La surface des deux moitiés doit ensuite être examinée pour déterminer la profondeur des craquelures.

- c) Les trois spécimens restants sont ensuite de nouveau soumis, à température ambiante, à une charge de traction appliquée entre les couplages. La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à environ 75 % de la CMS. Elle doit ensuite être augmentée progressivement jusqu'à la CMS dans un délai de 30 s à 90 s puis être maintenue à 100 % de la CMS pendant 60 s. La Figure 2 représente des exemples de courbes charge-temps.



IEC

Figure 2 – Exemples pour l'essai de tenue à la CMS pendant 1 min

10.3.3 Évaluation de l'essai

L'essai est jugé satisfaisant si:

- aucune défaillance (rupture, glissement de l'armature d'extrémité, arrachement complet du noyau ou fracture de l'armature métallique) ne se produit lors de l'essai de 96 h à 70 % de la CMS (10.3.2 a)) et lors de l'essai de tenue pendant 1 min à 100 % de la CMS (10.3.2 b));
- si des craquelures sont mises en évidence par la méthode de pénétration de colorant (10.3.2 b)), l'examen des moitiés décrit au 10.3.2 b) montre clairement que les craquelures n'atteignent pas le noyau.

NOTE Pour les conceptions d'isolateurs non surmoulées, les positions des armatures peuvent être marquées sur le revêtement avant d'engager l'essai.

11 Essais sur prélèvements

11.1 Règles générales

Pour les essais sur prélèvements, deux échantillons sont utilisés, E1 et E2. Les tailles de ces échantillons sont indiquées dans le Tableau 5. Lorsque plus de 10 000 isolateurs sont concernés, ils doivent être divisés en un nombre optimal de lots comprenant entre 2 000 et 10 000 isolateurs. Les résultats des essais doivent être évalués séparément pour chaque lot.

Les isolateurs doivent être prélevés dans le lot de manière aléatoire. L'acheteur a le droit d'effectuer le prélèvement. Les échantillons doivent être soumis aux essais sur prélèvements applicables.

Les essais sur prélèvements sont les suivants:

- | | |
|--|-----------|
| a) Vérification des dimensions | (E1 + E2) |
| b) Vérification des armatures d'extrémité | (E2) |
| c) Vérification de l'étanchéité de l'interface entre les armatures d'extrémité et le revêtement de l'isolateur | (E2) |
| d) Vérification de la charge mécanique spécifiée CMS | (E1) |
| e) Essai de galvanisation | (E2) |
| f) Épaisseur minimale de la gaine..... | (E1) |

Lorsque l'échantillon ne satisfait pas à un essai, l'essai doit être répété selon la procédure de contre-épreuve spécifiée au 11.7.

Une faible adhérence entre le noyau et le revêtement peut entraîner une infiltration d'humidité et une défaillance de l'isolateur composite en service. Pour l'évaluation de l'adhérence entre le noyau et le revêtement, des essais sur prélèvements supplémentaires définis à l'Annexe F selon les méthodes A (seul un essai d'arrachement est effectué à l'aide d'une machine de traction ou d'une cellule de charge manuelle), B et C peuvent être effectués dans le cadre d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Tableau 5 – Tailles d'échantillons

Taille du lot	Taille d'échantillon	
	E1 destructif	E2 non destructif
N		
$N \leq 10$	Définie par accord	
$10 < N \leq 30$	2	1
$30 \leq N \leq 300$	3	2
$300 < N \leq 2\,000$	4	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6
Seuls les isolateurs de l'échantillon E2 peuvent être utilisés en service et uniquement si l'essai de galvanisation est effectué selon la méthode magnétique. L'essai de pénétration de colorant doit interdire toute utilisation ultérieure de ces échantillons à des fins d'examen visuel.		

11.2 Vérification des dimensions (E1 + E2)

Les dimensions indiquées sur les plans doivent être vérifiées. Les tolérances indiquées sur les plans sont valides. Si aucune tolérance n'est indiquée sur les plans, les valeurs fournies à l'Article 7 doivent être utilisées.

11.3 Vérification des armatures d'extrémité (E2)

Les dimensions et les calibres de contrôle pour les armatures d'extrémité sont fournis dans l'IEC 61466-1. Les différents types d'armatures utilisés doivent être soumis aux vérifications appropriées, y compris, le cas échéant, une vérification du système de verrouillage selon l'IEC 60383-1.

11.4 Vérification de l'étanchéité de l'interface entre les armatures d'extrémité et le revêtement de l'isolateur (E2) et vérification de la charge mécanique spécifiée CMS (E1)

- a) Un isolateur, prélevé de manière aléatoire dans le prélèvement E2, doit être soumis à un essai de pénétration de colorant, conformément à l'ISO 3452, afin de mettre en évidence la présence éventuelle de fissures sur le revêtement dans la zone comportant la longueur totale de l'interface entre le revêtement et l'armature métallique et incluant une zone supplémentaire suffisamment étendue en aval de l'extrémité de la partie métallique.

Cet essai doit être effectué comme suit:

- la surface doit être prénettoyée soigneusement avec l'agent de nettoyage;
- l'agent de pénétration doit être appliqué sur la surface nettoyée, en le laissant agir pendant 20 min;
- dans les 5 min qui suivent l'application de l'agent de pénétration, l'isolateur doit être soumis, à température ambiante, à une charge de traction correspondant à 70 % de la CMS, appliquée entre les armatures métalliques. La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à 70 % de la CMS. Elle doit être maintenue à cette valeur pendant 1 min;
- la surface doit être débarrassée de l'excédent d'agent de pénétration et ensuite séchée;
- si cela est nécessaire, le révélateur doit être appliqué;
- la surface doit être examinée.

Certains matériaux de revêtement peuvent être pénétrés par l'agent de pénétration. Dans ce cas, des preuves doivent être apportées pour valider l'interprétation des résultats.

Après l'essai de 1 min à 70 % de la CMS, si ces craquelures se forment, le revêtement, et si cela est nécessaire, les armatures métalliques et le noyau doivent être coupés en deux moitiés perpendiculairement à la craquelure au milieu de la plus large des craquelures visibles. La surface des deux moitiés doit ensuite être examinée pour déterminer la profondeur des craquelures.

- b) Les isolateurs du prélèvement E1 doivent être soumis, à température ambiante, à une charge de traction appliquée entre les couplages. La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro à environ 75 % de la CMS. Elle doit ensuite être augmentée progressivement jusqu'à la CMS dans un délai de 30 s à 90 s puis être maintenue à 100 % de la CMS pendant 60 s.

Afin de compiler des informations complémentaires lors de cet essai, sauf raisons spéciales (charge de traction maximale de la machine d'essai, par exemple), la charge peut être augmentée jusqu'à ce que la charge de rupture soit atteinte. Cette valeur est alors consignée. La Figure 2 représente des exemples de courbes charge-temps.

Il est considéré que les isolateurs ont satisfait à cet essai si:

- aucune défaillance (rupture ou arrachement complet du noyau ou fracture de l'armature métallique) ne se produit lors de l'essai de tenue pendant 1 min à 70 % (a) et lors de l'essai de tenue pendant 1 min à 100 % (b);
- aucune craquelure n'est mise en évidence par la méthode de pénétration de colorant décrite au 11.4 a);
- l'examen des moitiés décrit au 11.4 a) montre clairement que les craquelures n'ont pas atteint le noyau.

NOTE En cas d'accord entre le client et le fabricant, la vérification de l'étanchéité en a) peut être réalisée sur les échantillons du prélèvement E1. L'essai de charge mécanique spécifié en b) peut être effectué sur le même échantillon.

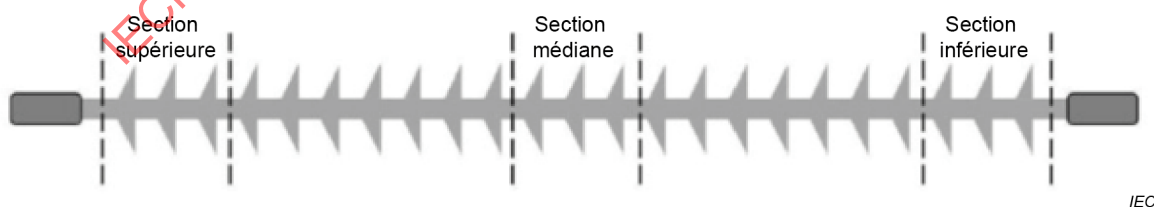
11.5 Essai de galvanisation (E2)

Cet essai doit être effectué sur l'ensemble des pièces galvanisées, conformément à l'IEC 60383-1.

11.6 Épaisseur minimale de la gaine (E1)

L'épaisseur de couche doit être mesurée en 4 positions espacées radialement de 90°. Un critère est l'épaisseur minimale de la gaine de 3 mm dans toutes les positions d'essai.

Pour les isolateurs dont la longueur de la section est supérieure à 1 m, il est recommandé d'utiliser au moins trois positions de mesure, coupées dans les sections supérieure, médiane et inférieure de l'isolateur (12 mesurages au total), voir l'exemple de la Figure 3.



IEC

Figure 3 – Positions de mesure de l'épaisseur minimale de la gaine

NOTE L'épaisseur minimale de la gaine peut également être mesurée par des méthodes d'essai non destructives, telles qu'un appareil à ultrasons.

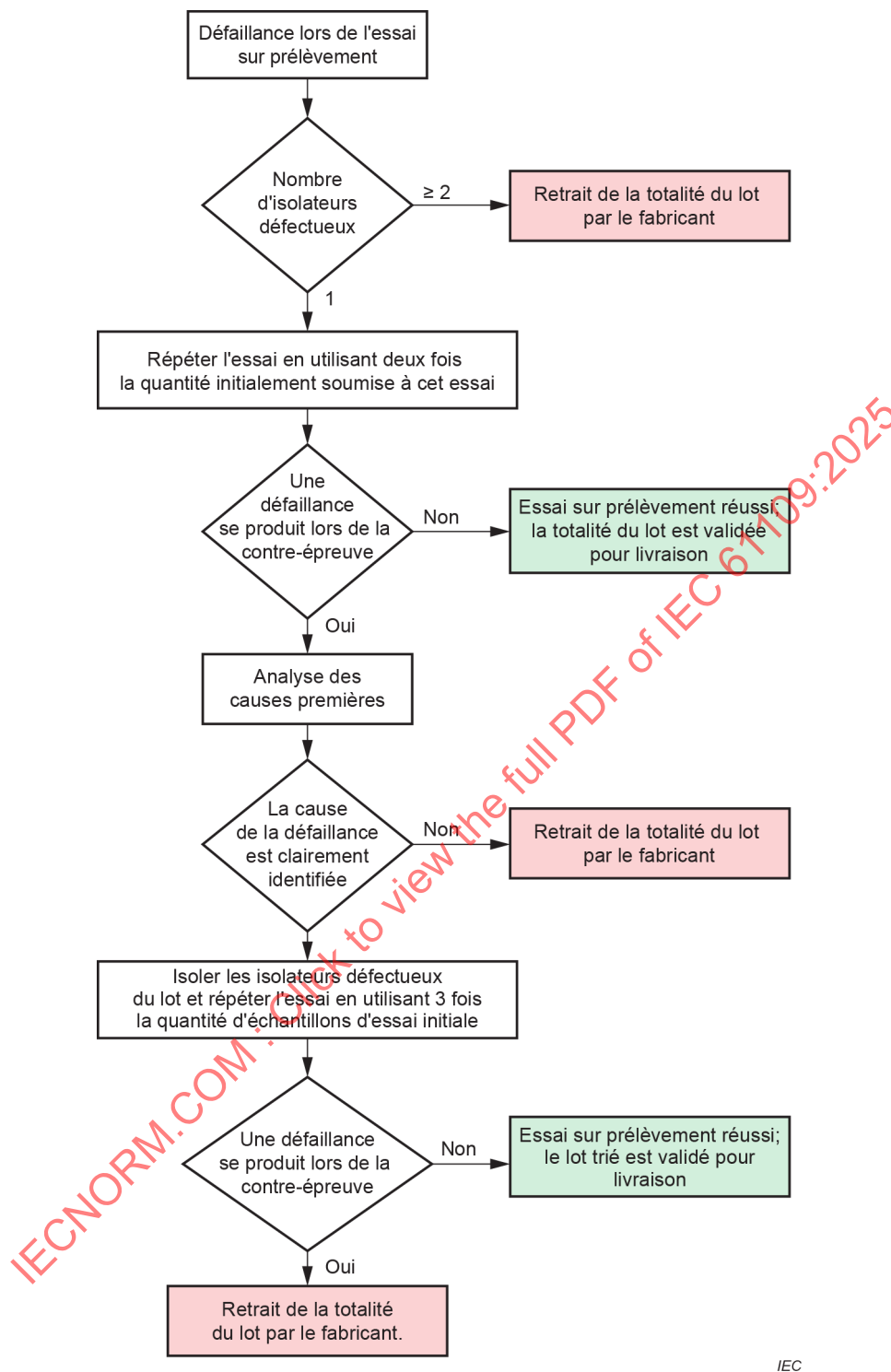
11.7 Procédure de contre-épreuve

Si un seul isolateur ou une seule partie métallique ne satisfait pas aux essais sur prélèvements, un échantillon neuf égal au double de la quantité initialement soumise à cet essai doit être soumis à la procédure de contre-épreuve. La contre-épreuve doit comprendre l'essai au cours duquel s'est produite la défaillance, précédé des essais qui peuvent être considérés comme ayant influencé les résultats de l'essai initial.

Si au moins deux isolateurs ou parties métalliques ne satisfont pas à l'un des essais sur prélèvements, ou si une défaillance se produit lors de la contre-épreuve, la totalité du lot est considérée comme non conforme à la présente partie du test et doit alors être retirée par le fabricant.

Sous réserve que la cause de la défaillance concernant la taille d'échantillon augmentée puisse être clairement identifiée à la discrétion de l'acheteur et qu'il n'existe aucun risque que les isolateurs défectueux puissent satisfaire aux essais sur prélèvements répétés, le fabricant peut trier le lot afin d'éliminer tous les isolateurs présentant ce défaut. Lorsqu'un lot a été divisé en plusieurs lots plus petits et si l'un de ces lots n'est pas conforme, l'examen peut être étendu aux autres lots. Le ou les lots triés, ou une partie de ce ou ces lots, peuvent alors être de nouveau soumis aux essais. Le nombre choisi pour l'essai doit être égal à trois fois la quantité initialement choisie pour les essais. La contre-épreuve doit comprendre l'essai au cours duquel s'est produite la défaillance, précédé des essais qui peuvent être considérés comme ayant influencé les résultats de l'essai initial. En cas de défaillance d'un isolateur lors de la contre-épreuve, la totalité du lot est considérée comme non conforme à la présente partie du test et doit alors être retirée par le fabricant.

La Figure 4 représente l'organigramme de la procédure de contre-épreuve.



IEC

Figure 4 – Méthode de contre-épreuve à différentes étapes

12 Essais individuels de série

12.1 Essai mécanique de série

Chaque isolateur doit résister, à température ambiante, à une charge de traction à la CMI correspondant à $0,5 \times \text{SML} \left(\begin{smallmatrix} +10\% \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ pendant au moins 10 s.

12.2 Examen visuel

Chaque isolateur doit être examiné. Le montage des armatures d'extrémité sur les parties isolantes doit être conforme aux plans. La couleur de l'isolateur doit correspondre approximativement à celle spécifiée sur les plans. Les marquages doivent être conformes aux exigences du présent document (voir l'Article 4).

Les défauts suivants ne sont pas admis:

- a) défauts superficiels d'une surface supérieure à 25 mm² (la surface totale des défauts ne doit pas dépasser 0,2 % de la surface totale de l'isolateur) ou d'une profondeur supérieure à 1 mm;
- b) craquelures à la base des ailettes, en particulier près des armatures métalliques;
- c) séparation ou liaison insuffisante du joint entre le revêtement et les armatures métalliques dans le cas d'une conception surmoulée;
- d) séparation ou défauts de liaison au niveau de l'interface entre l'ailette et la gaine;
- e) bavures de moulage dépassant la surface du revêtement de plus de 1 mm.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61109:2025

Annexe A (informative)

Principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charges et des essais pour les isolateurs composites de suspension et d'ancrage

A.1 Remarque introductive

La présente Annexe A a pour objet d'expliquer le comportement à long terme des isolateurs composites de suspension et d'ancrage sous des charges mécaniques, de montrer la coordination type entre la CMS et les charges de service, et d'expliquer l'approche des essais mécaniques.

A.2 Comportement charge-temps et limite d'endommagement

Une partie essentielle du comportement mécanique des noyaux en résine/fibres de verre, couramment utilisés pour les isolateurs composites, est leur comportement charge-temps qui nécessite quelques explications.

Le solide retour d'expérience acquis lors de l'étude du comportement des isolateurs composites soumis à des charges de traction, démontré en laboratoire et confirmé en service, a montré que la courbe charge-temps était effectivement une courbe, et non une ligne droite comme l'évoquait la première version de l'IEC 61109. Cette droite a souvent été mal interprétée, amenant à la déduction qu'un isolateur composite ne conserverait qu'une faible proportion de sa tenue mécanique initiale après une période de 50 ans, quelle que soit la charge appliquée.

On sait maintenant que le temps jusqu'à la défaillance des isolateurs composites sous des charges de traction statiques suit une courbe telle que celle représentée sur la Figure A.1. Pour étudier la dispersion des caractéristiques de tenue en traction des isolateurs, la courbe de tenue est placée au-dessous de la courbe de défaillance (voir la Figure A.1). Cette courbe étant asymptotique, cela montre que, pour un isolateur donné, il existe une charge au-dessous de laquelle l'isolateur ne rompra pas, quelle que soit la durée d'application de la charge, puisqu'il n'y a aucun dommage au noyau. Ce niveau de charge est appelé "limite d'endommagement". Généralement, cette limite d'endommagement correspond à environ 60 % à 70 % de la résistance ultime du noyau assemblé avec ses armatures. La limite d'endommagement représente la valeur de charge qui provoque un début de dommage mécanique microscopique dans le matériau du noyau.

La limite d'endommagement dépend du type de matériau du noyau, du type d'armature d'extrémité et de la conception de la zone de connexion. Même si la limite d'endommagement est essentiellement définie comme une propriété du noyau, le type d'armature d'extrémité et la conception de la zone de connexion (forme interne de l'armature d'extrémité, par exemple) peuvent avoir une influence significative sur la performance mécanique des isolateurs.

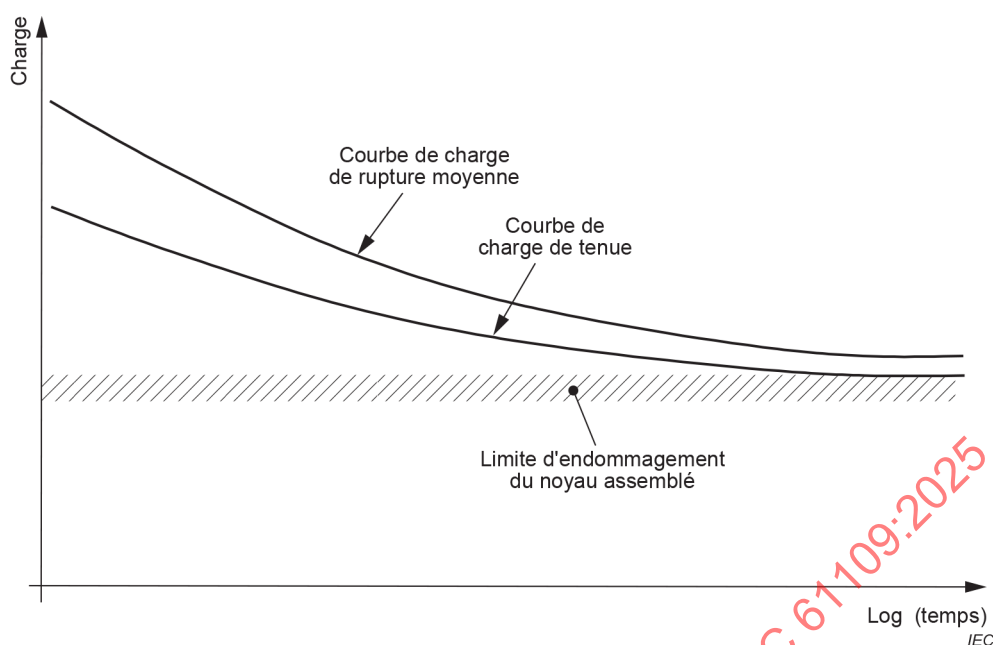


Figure A.1 – Courbe résistance-temps et limite d'endommagement d'un noyau assemblé avec ses armatures

A.3 Coordination des charges de service

Pour étudier le comportement à court et long terme d'un isolateur composite complet sous des charges mécaniques, les propriétés mécaniques des différents types d'armatures d'extrémité doivent également être considérées. La valeur de la charge de service maximale admissible pour les armatures d'extrémité métalliques est limitée par la limite élastique du matériau métallique et la conception (section soumise à des contraintes mécaniques) de la partie la plus faible de l'armature d'extrémité. La charge maximale admissible pour l'isolateur complet est donc donnée soit par la limite élastique des armatures d'extrémité soit par la limite d'endommagement du noyau assemblé (sous les conditions normales d'environnement indiquées dans le Tableau 1).

La Figure A.2 représente graphiquement la relation qui existe entre la limite d'endommagement et les caractéristiques mécaniques d'un isolateur possédant un noyau d'un diamètre de 16 mm, soumis à des charges de service types.