

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with AC rated voltage greater than 1 000 V AC and D.C. voltage greater than 1500V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations

Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions alternatives assignées supérieures à 1 000 V et de tensions continues supérieures à 1 500 V – Définitions, méthodes d'essai, critères d'acceptation et recommandations de conception



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Varembé
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. 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 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 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. 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 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with AC rated voltage greater than 1 000 V AC and D.C. voltage greater than 1500V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations

Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions alternatives assignées supérieures à 1 000 V et de tensions continues supérieures à 1 500 V – Définitions, méthodes d'essai, critères d'acceptation et recommandations de conception

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.080.10

ISBN 978-2-8322-7403-3

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	9
3 Terms and definitions	9
4 Relationships of mechanical loads	13
4.1 Loads from outside the insulator	13
4.2 Pressures	13
5 Marking	14
6 Classification of tests.....	14
6.1 General.....	14
6.2 Design tests.....	14
6.3 Type tests	16
6.4 Sample tests.....	16
6.5 Routine tests.....	16
7 Design tests	17
7.1 General.....	17
7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings	17
7.2.1 General	17
7.2.2 Test specimen	17
7.2.3 Reference disruptive – discharge dry power frequency test	17
7.2.4 Thermal-mechanical pre-stressing test	17
7.2.5 Water immersion pre-stressing test.....	18
7.2.6 Verification tests.....	18
7.3 Tests on shed and housing material.....	19
7.3.1 Hardness test	19
7.3.2 Accelerated weathering test.....	19
7.3.3 Tracking and erosion test – 1000 h salt fog AC voltage test.....	19
7.3.4 Flammability test	19
7.3.5 Hydrophobicity transfer test.....	19
7.4 Tests on the tube material	19
7.4.1 General	19
7.4.2 Porosity test (Dye penetration test).....	20
7.4.3 Water diffusion test.....	20
7.5 Water diffusion test on core with housing	20
8 Type tests (only mechanical tests).....	20
8.1 General.....	20
8.2 Test specimens.....	20
8.3 Preparation of the test specimen.....	21
8.4 Internal pressure test.....	22
8.4.1 General	22
8.4.2 Test procedure	22
8.4.3 Acceptance criteria	23
8.5 Bending test.....	23
8.5.1 General	23
8.5.2 Test procedure	23

8.5.3	Acceptance criteria	24
9	Sample tests	24
9.1	Selection and number of insulators	24
9.2	Testing	25
9.3	Verification of dimensions	25
9.3.1	Test procedure	25
9.3.2	Acceptance criteria	25
9.4	Mechanical tests	25
9.4.1	General	25
9.4.2	Test procedure	25
9.4.3	Acceptance criteria	26
9.5	Galvanizing test	26
9.6	Re-test procedure	26
10	Routine tests	27
10.1	General	27
10.2	Visual examination	27
10.3	Routine mechanical test	27
10.4	Routine pressure test	27
10.5	Routine tightness test	28
11	Documentation	28
Annex A	(normative) Tolerances of form and position	33
Annex B	(informative) General recommendations for design and construction	36
B.1	Guidance for design	36
B.2	Guidance for the maximum service pressure	36
B.3	Guidance on sample testing of tube material	36
B.4	Guidance for the temperature required by the equipment manufacturer	37
B.5	Guidance for the mechanical loads required by the equipment manufacturer	37
B.6	Summary of the tests	37
Annex C	(informative) Principles of damage limit and use of reversible and irreversible strain caused by internal pressure and/or bending loads on composite hollow insulator tubes	41
C.1	Overview	41
C.2	Definition	41
C.3	Example of determining the strain tolerance	41
Annex D	(informative) Principle sketch of hollow insulators design assembly	44
Annex E	(informative) Type tests on tapered (conical) insulators	46
E.1	General	46
E.2	Minimum length on the most stressed cylindrical parts on shortened test specimens	46
E.3	Internal pressure test	47
E.4	Bending test	47
E.5	References	49
Bibliography		50
Figure 1	– Thermal-mechanical pre-stressing test – Typical cycles	29
Figure 2	– Thermal-mechanical pre-stressing test – Typical test arrangement	30
Figure 3	– Test arrangement for the leakage rate test	31
Figure 4	– Examples of sealing systems for composite hollow insulators	32

Figure A.1 – Parallelism, coaxiality and concentricity	33
Figure A.2 – Angular deviation of fixing holes: Example 1	34
Figure A.3 – Angular deviation of fixing holes: Example 2	34
Figure A.4 – Tolerances according to standard drawing practice.....	35
Figure B.1 – Relationship of bending loads	40
Figure B.2 – Relationship of pressures	40
Figure C.1 – Position of strain gauges for pressure load and bending load	42
Figure C.2 – Strain/time curve, reversible elastic phase.....	42
Figure C.3 – Strain/time curve, irreversible plastic phase, damage limit	43
Figure D.1 – Interface description for insulator with housing made by modular assembly	44
Figure D.2 – Interface description for insulator with housing made by injection molding and overmolded end fitting.....	45
Figure E.1 – Illustration of tapered insulators in bending	47
Figure E.2 – Illustration of axial membrane stress along the insulator when the length of the cylindrical parts is changed	48
Table 1 – Mechanical loads applied to the insulator	13
Table 2 – Pressures applied to the insulator	13
Table 3 – Tests to be carried out after design changes	15
Table 4 – Sample sizes.....	24
Table 5 – Choice of re-test procedure	26
Table B.1 – Loads/stress and classification of tests	38
Table B.2 – Example of pressure/bending values – Practical relationship of the values.....	39

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMPOSITE HOLLOW INSULATORS –
PRESSURIZED AND UNPRESSURIZED INSULATORS FOR USE
IN ELECTRICAL EQUIPMENT WITH AC RATED VOLTAGE GREATER
THAN 1 000 V AND DC VOLTAGE GREATER THAN 1 500 V –
DEFINITIONS, TEST METHODS, ACCEPTANCE CRITERIA
AND DESIGN RECOMMENDATIONS**

FOREWORD

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

IEC 61462 has been prepared by IEC technical committee 36: Insulators. It is an International Standard.

This new edition cancels and replaces the previous edition published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) modifications of terms and definitions;
- b) modifications of tests procedures included in IEC TR 62039 and IEC 62217 (Hydrophobicity transfer test; Water diffusion test on the core with housing);
- c) modification of Clause 8 (type tests) to reflect common practice and to also consider tapered (conical) insulators;

- d) modification of order of the stages of mechanical sample test (9.4) by setting the tightness test as last stage;
- e) harmonization of Table 3 (Tests to be carried out after design changes) with other product standards;
- f) addition of a new informative Annex D: Principle sketch of hollow insulators design assembly;
- g) addition of a new informative Annex E: Type tests on tapered (conical) insulators.

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

Draft	Report on voting
36/567/FDIS	36/586/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.

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

INTRODUCTION

Composite hollow insulators consist of an insulating tube bearing the mechanical load protected by an elastomeric housing, the loads being transmitted to the tube by metal fittings. Despite these common features, the materials used and the construction details employed by different manufacturers may vary.

Some tests have been grouped together as "Design tests" to be performed only once for insulators of the same design and material. The design tests are performed in order to eliminate designs and materials not suitable for high-voltage applications.

The relevant design tests defined in IEC 62217 are applied for composite hollow insulators; additional specific mechanical tests are given in this document. The influence of time on the electrical and mechanical properties of the complete composite hollow insulator and its components (tube material, housing material, interfaces, etc.) has been considered in specifying the design tests in order to ensure a satisfactory lifetime under normal service conditions. These conditions may also depend on the equipment inside or outside the composite hollow insulators; however, this matter has not been covered in this document. It is possible for test methods not specified in this document to be considered for specific combinations of materials and specific applications, and are a matter of agreement between manufacturers and users. In this document, the term "user" in general means the equipment manufacturer using composite hollow insulators.

Composite hollow insulators are used in both AC and DC applications. Before the appropriate standard for DC applications will be issued, the majority of tests listed in this document can also be applied to DC insulators. In spite of this, a specific tracking and erosion test procedure for DC applications as a design test is still being considered to be developed. Some information about the difference of AC and DC material erosion test can be found in the CIGRE Technical Brochure 611. For the time being, the 1 000 h AC tracking and erosion test of IEC 62217 is used to establish a minimum requirement for the tracking and erosion resistance, for both AC and DC

This document distinguishes between design tests and type tests because several general characteristics of a specific design and specific combinations of materials do not vary for different insulator types. In these cases results from design tests can be adopted for different insulator types.

Pollution tests according to IEC 60507 or IEC 61245 are not included in this document since they are designed for non-polymeric items. Specific pollution tests for polymeric insulators are still under consideration.

The mechanical characteristics of composite hollow insulators are quite different compared to those of hollow insulators made of ceramics. In order to determine the onset of mechanical deterioration of composite hollow insulators under the influence of mechanical stress, strain gauge measurements are used.

This document refers to different characteristic pressures which are used for design and testing of composite hollow insulators. The term "maximum service pressure" (MSP) is equivalent to the term "design pressure" which is used in other standards for ceramic hollow insulators; however, this latter term is not used in this standard in order to avoid confusion with "design" as used in "design tests".

General recommendations for the design and construction of composite hollow insulators are presented in Annex B.

**COMPOSITE HOLLOW INSULATORS –
PRESSURIZED AND UNPRESSURIZED INSULATORS FOR USE
IN ELECTRICAL EQUIPMENT WITH AC RATED VOLTAGE GREATER
THAN 1 000 V AND DC VOLTAGE GREATER THAN 1 500 V –
DEFINITIONS, TEST METHODS, ACCEPTANCE CRITERIA
AND DESIGN RECOMMENDATIONS**

1 Scope

This document, which is an International Standard, applies to composite hollow insulators consisting of a load-bearing insulating tube made of resin impregnated fibres, a housing (outside the insulating tube) made of elastomeric material (for example silicone or ethylene-propylene) and metal fixing devices at the ends of the insulating tube (see Figure D.1 and Figure D.2 for examples). Composite hollow insulators as defined in this document are intended for general use (unpressurized) or for use with a permanent gas pressure (pressurized). They are intended for use in both outdoor and indoor electrical equipment operating on alternating current with a rated voltage greater than 1 000 V AC and a frequency not greater than 100 Hz or for use in direct current equipment with a rated voltage greater than 1 500 V DC.

The object of this document is:

- to define the terms used;
- to specify test methods;
- to specify acceptance criteria.

Hollow insulators are integrated into electrical equipment which is electrically type tested as required by the applicable equipment standard. So, it is not the object of this document to specify dielectric type tests because the withstand voltages and flashover behaviour are not characteristics of the hollow insulator itself but of the apparatus of which it ultimately forms a part.

All the tests in this document, apart from the thermal-mechanical test, are performed at normal ambient temperature. This document does not specify tests that might be characteristic of the equipment of which the hollow insulator ultimately forms a part.

Composite hollow insulators are intended for use in electrical equipment, such as, but not limited to:

- HV circuit-breakers,
- switch-disconnectors,
- disconnectors,
- station posts,
- disconnecting circuit breakers,
- earthing switches,
- instrument- and power transformers,
- bushings,
- housing for surge arresters,
- cable terminations.

Additional testing defined by the relevant IEC equipment standard may be required.

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 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

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

IEC TR 62039, *Selection guidelines for polymeric materials for outdoor use under HV stress*

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

composite hollow insulator

insulator consisting of at least two insulating parts, namely a tube and a housing

Note 1 to entry: The housing may consist either of individual sheds mounted on the tube, with or without an intermediate sheath, or directly applied in one or several pieces onto the tube. A composite hollow insulator unit is permanently equipped with fixing devices or end fittings

3.2

tube (core)

central internal insulating part of a composite hollow insulator which provides the mechanical characteristics

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

Note 2 to entry: The tube is generally cylindrical or conical, but may have other shapes (for example barrel). The tube is made of resin impregnated fibres.

Note 3 to entry: Resin impregnated fibres are structured in such a manner as to achieve sufficient mechanical strength. Layers of different fibres may be used to fulfil special requirements.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-03, modified – addition of "tube" in term, addition of "internal", addition of "composite hollow", addition of Notes 2 and 3 to entry]

3.3

fixing device

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, the term "metal fitting" is normally used.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-06, modified – addition of "fixing device" in term]

3.4

coupling

part of the fixing device which transmits load to the hardware external to the insulator

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.14]

3.5

connection zone

zone where the mechanical load is transmitted between the insulating body and the end fitting

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.13]

3.6

housing

external insulating part of composite hollow insulator providing necessary creepage distance and protecting tube from environment

Note 1 to entry: If an intermediate sheath is used it forms a part of the housing.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.7]

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-09, modified – addition of "hollow", replacement of "core" by "tube"]

3.7

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 ribs.

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

3.8

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]

3.9

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

Note 1 to entry: The surface of any non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-04, modified – removal of Note 2 to entry]

3.10

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, modified – addition of Note 1 to entry]

3.11**tracking**

process which forms irreversible degradation by formation of conductive paths (tracks) starting and developing on the surface of an insulating material

Note 1 to entry: These paths are conductive even under dry conditions.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.15]

3.12**erosion**

irreversible and non-conducting degradation of the surface of the insulator that occurs by loss of material which can be uniform, localised or tree-shaped

Note 1 to entry: Light surface traces, commonly tree-shaped, can occur on composite insulators as on ceramic insulators, after partial flashover. These traces are not considered to be objectionable as long as they are non-conductive. When they are conductive, they are classified as tracking.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.16]

3.13**crack**

any fracture or surface fissure of depth greater than 0,1 mm

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.17]

3.14**interface**

contact surface between the different materials

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

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

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.11, modified – addition of "contact"]

3.15**damage limit of the tube under mechanical stress**

limit below which mechanical loads (pressure, bending load) can be applied, at normal ambient temperature, without micro damage to the composite tube

Note 1 to entry: Applying such loads means that the tube is in a reversible elastic phase. If the damage limit of the tube is exceeded, the tube is in an irreversible plastic phase, which means permanent damage to the tube which may not be visible at a macroscopic level (for a quantitative definition see Annex C).

3.16**maximum mechanical load (MML)**

highest cantilever bending load which is expected to be applied to the hollow insulator in service and in the equipment in which it is used

Note 1 to entry: This load is specified by the equipment manufacturer.

3.17**specified mechanical load (SML)**

cantilever bending load specified by the manufacturer that is used in the mechanical tests and which is verified during a type test at normal ambient temperature

Note 1 to entry: The SML forms the basis of the selection of composite hollow insulators with regard to external loads.

3.18

deflection under bending load

displacement of a point on an insulator, measured perpendicularly to its axis, under the effect of a load applied perpendicularly to this axis

Note 1 to entry: Deflection/load relationships are determined by the manufacturer.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-05, modified – addition of Note 1 to entry]

3.19

failing load

load at ultimate failure of the insulator, maximum load that can be reached when the insulator is tested under the specified conditions (valid for bending or pressure tests)

Note 1 to entry: Damage of the tube may occur at loads lower than the insulator failing load.

3.20

residual deflection

difference between the initial deflection of a hollow insulator prior to bending load application, and the final deflection after release of the load

3.21

overpressure

pressure above ambient pressure within a pressurized enclosure

[SOURCE: IEC 60050-426:2020, 426-09-16]

3.22

maximum service pressure (MSP)

maximum internal overpressure in service which is specified by the equipment manufacturer

3.23

specified internal pressure (SIP)

internal overpressure specified by the equipment manufacturer which is verified during a type test at normal ambient temperature

Note 1 to entry: The SIP is specified as the short-time withstand design limit, under which the insulator structure stays intact, but damages may already occur. It can be higher than $4 \times \text{MSP}$.

3.24

pressurized insulator

insulator permanently filled with gas or liquid whose maximum service pressure is greater than 0,05 MPa overpressure

3.25

unpressurized insulator

insulator permanently filled with gas or liquid whose maximum service pressure is smaller than or equal to 0,05 MPa overpressure

3.26

specified temperature

highest and/or lowest temperature permissible for the composite hollow insulator

Note 1 to entry: The specified temperature is specified by the manufacturer.

3.27

manufacturer

individual or organization producing the composite hollow insulators

3.28**equipment manufacturer**

individual or organization producing the electrical equipment utilizing the composite hollow insulators

3.29**lot**

group of insulators offered for acceptance from the same manufacturer, of the same design and manufactured under similar conditions of production

Note 1 to entry: One or more lots may be offered together for acceptance: the lot(s) offered may consist of the whole, or part, of the quantity ordered.

[SOURCE: IEC 62155:2003, 3.22, modified – removal of "hollow", removal of "or hollow insulator bodies"]

4 Relationships of mechanical loads**4.1 Loads from outside the insulator**

Table 1 lists mechanical loads applied to the insulator.

Table 1 – Mechanical loads applied to the insulator

Load	Relation	Tube is in:
Maximum mechanical load (MML) which is the load specified by the equipment manufacturer	$= 1,0 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
$1,5 \times$ Maximum mechanical load (MML) which is the load applied during sample and type test	$= 1,5 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
Damage limit	$> 1,5 \times \text{MML}$	reversible elastic phase
Type test SML bending load	$= 2,5 \times \text{MML}$	irreversible plastic phase
Failing bending load	$> 2,5 \times \text{MML}$	irreversible plastic phase

An overview of loads is shown in Figure B.1.

4.2 Pressures

Table 2 lists pressures applied to the insulator.

Table 2 – Pressures applied to the insulator

Pressure	Relation	Tube is in:
Maximum service pressure (MSP) which is the pressure specified by the equipment manufacturer	$= 1,0 \times \text{MSP}$	reversible elastic phase
Routine test pressure	$= 2,0 \times \text{MSP}$	reversible elastic phase
Damage limit	$> 2,0 \times \text{MSP}$	reversible elastic phase
Type test pressure	$= 4,0 \times \text{MSP}$	irreversible plastic phase
Specified internal pressure (SIP) which is an additional / optional type test pressure specified by the equipment manufacturer	$> 4,0 \times \text{MSP}$	irreversible plastic phase

An overview of pressures is shown in Figure B.2.

5 Marking

Each hollow insulator shall be marked with the name or trade mark of the manufacturer and the year of manufacture. In addition, each hollow insulator shall be marked with the type reference and serial numbers in order to allow identification. This marking shall be legible and indelible.

6 Classification of tests

6.1 General

The tests are divided into four groups as follows:

6.2 Design tests

These tests are intended to verify the suitability of the design, materials, formulation and manufacturing technology.

A composite hollow insulator design is defined by:

- materials, formulation and design of the tube, housing and manufacturing method,
- material of the end fittings, their design and method of attachment,
- layer thickness of the housing over the tube (including a sheath where used).

When changes in the design occur, re-qualification shall be done according to Table 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

Table 3 – Tests to be carried out after design changes

IF the change in insulator design concerns:		THEN the following tests shall be repeated: a)									
		Design tests								Type tests	
		IEC 61462: 2023, 7.2	IEC 61462:2023, 7.3					IEC 61462: 2023, 7.4	IEC 61462: 2023, 7.5	IEC 61462: 2023, 8	
			Tests on shed and housing material					Tests on the tube material	Tests on tube with housing		
		Interfaces and connections of end fittings	Hardness test	Accelerated weathering test	Tracking and erosion test	Flammability test	Hydrophobicity transfer test	Porosity test (Dye penetration test)	Water diffusion test	Water diffusion test on core with housing	Mechanical type tests
1	Housing										
1a	Materials, formulation or manufacturing process ¹	X	X ^{d)}	X ^{d)}	X	X ^{d)}	X ^{e)}			X ^{a)}	
1b	Assembly process ²	X ^{c)}			X						
1c	Profile				X ^{b)}						
2	Tube										
2a	Material, formulation or manufacturing process ³	X						X	X	X ^{a)}	X
2b	Design ⁴							X	X		X
3	End fitting										
3a	Material or assembly process	X									X
3b	End fitting connection zone design	X									X
3c	Coupling type										X
4	Interface										
4a	Primer material and application method	X								X ^{a)}	
4b	Tube and end-fitting assembly process ⁵	X									X
4c	Tube/housing/end fitting interface design ⁵	X			X						

Explanation a) to e): Additional information for which specific changes testing needs to be done	a) Not necessary if it can be demonstrated that the change has no influence on the property considered in the test; material tests could be used to show the equivalence b) Not necessary if thickness of the housing surrounding the core (including a sheath where used) is equal or greater than that of the parent insulator. Following relative numbers as tolerances are provided as reference, which do not constitute a change of the profile: – overhang: $\pm 10\%$ – thickness at base and tip: $\pm 15\%$ – spacing: $\pm 15\%$ – shed inclinations: $\pm 3^\circ$ – shed repetition: identical. These relatively small tolerances serve as reference, however cause a high test demand due to the variety of today's profiles. Alternatively, a technical agreement between manufacturer and user in agreement with chapter 9.1 is possible if the equivalence of the profile evaluated in the tracking and erosion test to the profile in question can be shown. A possible method is the interpolation of results with different profiles. c) Not necessary if it can be demonstrated that the change has no influence on the property considered in the test d) Not necessary for change in manufacturing process without material change e) Applicable to materials that shall show this property
Explanation 1 to 7: Technical explanation of composite hollow insulator components	1 Housing manufacturing process: General manufacturing method such as injection moulding, modular process etc. 2 Housing assembly process: If shed and sheath are mounted separately to the tube, incl. type and method of bonding shed-sheath 3 Tube manufacturing method: Pultrusion, wet filament winding, vacuum impregnation, including surface preparation 4 Winding angle, geometry (8.1), adhesive (glue) joint in assembled tubes or internal liner (if applicable, not relevant for type tests). 5 See Annex D for further explanation

6.3 Type tests

These tests are intended to verify the mechanical characteristics of a composite hollow insulator which depends mainly on its tube and end fittings. Type tests shall be applied to the class of composite hollow insulators which have passed the design tests. The type test shall be repeated only when the type of the material or the manufacturing process of the composite hollow insulator is changed, according to Table 3.

6.4 Sample tests

These tests are for the purpose of verifying the characteristics of composite hollow insulators which depend on the manufacturing quality and the material used. They shall be made on insulators taken at random from lots.

6.5 Routine tests

These tests are for the purpose of eliminating composite hollow insulators with manufacturing defects.

7 Design tests

7.1 General

These tests consist of four parts as described in 7.2, 7.3, 7.4 and 7.5 (optional). The design tests shall be 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 hollow insulator of a particular design shall be deemed accepted only when all insulators or test specimens pass the design tests in the given sequence within 7.2, 7.3, 7.4 and 7.5 (optional).

All the design tests, apart from the thermal-mechanical test, are performed at normal ambient temperature.

Extreme service temperatures may affect the mechanical behaviour of composite insulators.

A general rule to define "extreme high or low" insulator temperatures is not available at this time, for this reason the supplier should always specify service temperature limitations. Whenever the insulators are subjected to very high or low temperatures for long periods of time, it is advisable that both manufacturer and user agree on a mechanical test at higher or lower temperatures than that mentioned in this document.

7.2 Tests on interfaces and connections of end fittings

7.2.1 General

See IEC 62217.

These tests shall be performed in the given sequence on the same specimen. This document does not use a separate reference specimen for these tests.

7.2.2 Test specimen

One hollow insulator assembled on the production line shall be tested. The tube's internal diameter shall be at least 100 mm and the wall thickness at least 3 mm. The insulation length (metal-to-metal spacing) shall be at least three times the tube's internal diameter but not less than 800 mm. Both end fittings shall have the same method of attachment and sealing as on standard production insulators. The hollow insulator shall be submitted to the routine tests (see Clause 10) before design tests.

The manufacturer shall define the MML, SML, MSP and SIP for the test specimen.

7.2.3 Reference disruptive – discharge dry power frequency test

See IEC 62217.

Means shall be employed to avoid internal flashover, by filling with appropriate insulating media (e.g. insulating gas or liquid). Alternatively, the flashover voltage may be determined by splitting the arcing distance into multiple sections, as equal as possible, by the use of additional external electrodes.

7.2.4 Thermal-mechanical pre-stressing test

The specimen is sequentially submitted to a mechanical load in four directions and thermal variations.

The thermal variations consist of two cycles of heating and cooling. The duration of the cycle shall be not shorter than 24 h and not longer than 48 h (see Figure 1).

The cold period shall be at a temperature at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Each of the two temperatures of the hot and cold periods respectively shall be maintained for at least 33 % of the chosen cycle time.

The load applied to the test specimen corresponds to $0,5 \times \text{SML} \pm 5\%$.

The load shall be applied perpendicularly to the insulator's axis either directly to the free end of the insulator (see Figure 2) or at a distance from the free end of the insulator if special reasons exist. When the load is not applied directly to the end fitting, the applied load shall be corrected to produce the same bending moment at the base of the insulator.

The direction of the bending test load applied to the test specimen is changed four times corresponding to the duration of the temperature level and the corresponding time interval described in Figure 1 and Figure 2.

The test may be interrupted for maintenance of the test equipment for a total duration of 4 h. The starting point after any interruption is the beginning of the interrupted cycle.

NOTE The temperatures and loads in this test are not intended to represent service conditions, they are designed to produce specific reproducible stresses in the interfaces of the insulator.

7.2.5 Water immersion pre-stressing test

See IEC 62217.

The ends of the specimen may be sealed and vented to atmospheric pressure.

7.2.6 Verification tests

7.2.6.1 Visual examination

See IEC 62217.

7.2.6.2 Steep-front impulse voltage test

See IEC 62217.

7.2.6.3 Dry power frequency voltage test

See IEC 62217.

7.2.6.4 Internal pressure test

7.2.6.4.1 General

This test is not applicable for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions.

The test specimen shall be subjected to an internal pressure in two stages.

For safety reasons, before starting the tests, the test specimen shall be subjected to $2,0 \times \text{MSP}$ for 5 min at normal ambient temperature using the procedure in 10.4 (routine pressure test).

7.2.6.4.2 Stage 1: gas leakage test

7.2.6.4.2.1 Procedure

The leakage test method shall have the sensitivity required for the acceptance criteria. The test can be performed by placing the test specimen in an enclosure with a volume as small as possible, see Figure 3. An internal pressure of $1,0 \times \text{MSP}$ relative to the surrounding shall be applied using a suitable gas as pressure medium.

The internal pressure shall be maintained for the sufficient time to reach the expected precision to detect the leak. The leakage of gas from the test specimen into the surrounding enclosure shall be measured with a leakage meter suitable for the required precision. The leakage rate shall be given in a fraction in percent per year of the specimen's internal gas mass.

7.2.6.4.2.2 Acceptance criterion

The test is passed if the leakage rate is not more than the mass fraction of 0,5 % of the specimen's internal gas mass at MSP per year.

NOTE Guidance on leakage rate measurements can be found in IEC 60068-2-17, test Qm, test method 1.

7.2.6.4.3 Stage 2: water leakage test

7.2.6.4.3.1 Procedure

An internal pressure shall be applied and increased from zero to $4,0 \times \text{MSP}$ at normal ambient temperature and maintained for 5 min. The inner pressure medium shall be water. Adequate safety precautions shall be taken for this inspection.

7.2.6.4.3.2 Acceptance criterion

The test is passed if, after 5 min, there is no failure and no water leakage at joints A and B as shown in Figure 4 or on the tube itself.

7.3 Tests on shed and housing material

7.3.1 Hardness test

See IEC 62217.

7.3.2 Accelerated weathering test

See IEC 62217.

7.3.3 Tracking and erosion test – 1000 h salt fog AC voltage test

See IEC 62217.

7.3.4 Flammability test

See IEC 62217.

7.3.5 Hydrophobicity transfer test

See IEC TR 62039.

7.4 Tests on the tube material

7.4.1 General

See IEC 62217 (Tests on the core material).

The tests shall be carried out on specimens with or without housing material.

7.4.2 Porosity test (Dye penetration test)

See IEC 62217.

7.4.3 Water diffusion test

See IEC 62217.

7.5 Water diffusion test on core with housing

See IEC 62217.

8 Type tests (only mechanical tests)

8.1 General

The type tests consist of a pressure test, for pressurized insulators only, and a bending test.

A composite hollow insulator type is mechanically defined by:

- Design (see 6.1)
- Geometry:
 - Tube inner diameter/s, wall thickness/es of the tube.
 - The length of the insulator defines the type only if the length requirements in 8.2 are not fulfilled.

The tests shall be performed at normal ambient temperature to confirm the mechanical strength of the insulator by verifying the limit between reversible and irreversible phase in the tube (see Annex C).

Composite hollow insulators which have been subjected to the type tests shall not be used in service.

Bending forces shall be applied perpendicularly to the insulator's axis either directly to the front plane of the insulator (see Figure 2) or at a distance to the front plane of the top end fitting of the insulator if special reasons exist. When the load is not applied directly to the end fitting, the applied load shall be corrected to produce the same bending moment at the base of the insulator.

8.2 Test specimens

The test specimen(s) shall be either full-length insulators, or of the same insulator type and fulfilling the requirements below.

The minimum length between flanges (metal-to-metal):

- a) For the internal pressure test: 2 times the internal diameter
- b) For the bending test: 4 times the internal diameter; the applied load on the test specimen shall be adjusted for insulator length to obtain the required stress for the insulator type.

The test specimens shall be made on the production line. Both end fittings shall be the same as used on production line insulators. The insulator specimens used for these tests shall be with or without housing. Where the tests are made without housing, the thermal cycle of housing application shall be applied to the tube prior to testing.

In addition, in case of a tapered (conical) insulator type consisting of two cylindrical parts on each side of a tapered part the minimum length, $l_{\min}$ of the most stressed cylindrical parts of the test object needs to be agreed between the manufacturer and the user. The expression below from Annex E can be used as a conservative starting point,

$$l_{\min} \geq 5\sqrt{d_m t}$$

where d_m and t are the midsurface diameter of a cylindrical section and the thickness of the tube, respectively.

A type test on a tapered insulator is valid for tapered insulators of the same type with different lengths (shorter or longer) provided that the location of the maximum stresses in the tube is the same and the magnitude of the maximum stresses in the tube are the same or lower compared to the test specimen, see illustration for bending in Annex E.

Similarly, a type test on an insulator with a tube assembled by adhesive (glue) joints is valid for insulators of the same type with different lengths (shorter or longer) provided that the maximum stresses in the adhesive joints are the same or lower compared to the test specimen.

8.3 Preparation of the test specimen

One specimen shall be subjected to an internal pressure test, and one to a bending test in accordance with 8.4.1 and 8.5.1, respectively (see Figure C.1). Each of the test specimens shall be equipped with two strain gauges (for example final elongation greater than or equal to 2 %, resistance greater than or equal to 120 Ω , length less than or equal to 12 mm). The housing, if present, shall be removed locally to allow installation of the gauges to the outside of the tube.

Each strain gauge should be measured in a separate bridge circuit and the read-out and evaluation of the measuring result should be performed separately for each strain gauge.

The acceptance criteria of the standard should be applied on each strain gauge separately.

a) For the internal pressure test

The position of the strain gauges shall be

- outside on the tube;
- one gauge parallel, one gauge perpendicular to the axis of the tube;
- in the middle of the tube between the end fittings. In the case of a tapered tube, the gauges shall be installed at the location where the maximum stress is expected, see NOTE 2 for guidance.

The internal pressure test specimen shall be mounted in an upright position, if possible. The ends of the test specimens shall be fitted with suitable end covers and seals. The inner pressure medium shall be a gas or a liquid and shall not affect the tube in any way, other than mechanically.

NOTE 1 When not tested in an upright position, the mass of the pressure medium and the insulator itself has an influence on the stress applied to the tube.

NOTE 2 Stress simulation or experimental investigation can be used to determine the area of maximum strain for optimum positioning of the strain gauges. However, simple analytical calculation methods can give misleading results.

b) For the bending test

The position of the strain gauges shall be

- outside on the tube;
- parallel to the axis of the tube;
- positioned either near the fixed end of the insulator, generally with its centre 30 mm from the edge of the end fitting or at the location where the maximum stress is expected, see illustration in Annex E and NOTE 3 for guidance;
- in the plane of the bending force and diametrically opposite from each other.

NOTE 3 Stress simulation or experimental investigation can be used to determine the area of maximum strain for optimum positioning of the strain gauges. However, simple analytical calculation methods can give misleading results.

If possible, the bending test specimen shall be mounted in an upright position. If not, the weight of the insulator shall be considered in the calculation of the bending load to apply onto the insulator during the bending test. In horizontal position, the bending load shall then be decreased by $F = m \cdot g \cdot I / L$ with m total mass of the insulator, I distance to the centre of inertia, L total length of the insulator, when pushing downwards or to be increased if pushing upwards.

One end fitting of the bending test specimen shall be securely fixed. The bending force shall be applied at approximately 90° to the axis of the test specimen on the other fitting. The bending force shall be applied on or close to this end fitting taking care that the point at which the force acts remains fixed.

The deflection shall be measured during the test by means of suitable devices which do not interfere with the applied cantilever bending load.

8.4 Internal pressure test

8.4.1 General

One specimen is subjected to an internal pressure test. This test is performed in two or possibly three stages. It is not necessary to perform this test for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions. The pressure medium shall be inside the sealed tube during all three test stages including the adjustment of the zero reference strain.

8.4.2 Test procedure

8.4.2.1 Stage 1: test at $2,0 \times$ maximum service pressure

The internal pressure shall be increased rapidly but smoothly from zero to $2,0 \times$ MSP at normal ambient temperature. When the $2,0 \times$ MSP is reached, the pressure shall be maintained for 5 min. Then the pressure shall be released smoothly. The residual strain measurement shall be taken minimum 5 min after pressure release.

8.4.2.2 Stage 2: test at $4,0 \times$ maximum service pressure

After this initial pressure application, a pressure test at $4,0 \times$ MSP shall be applied for at least 5 min. Then the pressure shall be released smoothly.

8.4.2.3 Stage 3: test at specified internal pressure level (if $SIP > 4,0 \times$ MSP)

If the equipment manufacturer specifies $SIP > 4,0 \times$ MSP, then the Stage 2 procedure shall be used and SIP is applied for 5 min. Any findings shall be noted.

8.4.3 Acceptance criteria

8.4.3.1 Stage 1: test at $2,0 \times$ maximum service pressure

The tube before and after pressure application shall be in the same condition. The residual strain shall be within ± 5 % of the maximum strain, evaluated on the strain gauge with the higher maximum strain value. It shall be inferred that no damage has occurred (see Annex C).

8.4.3.2 Stage 2: test at $4,0 \times$ maximum service pressure

After pressure application the residual strain is allowed to be greater than ± 5 % of the maximum strain (see Annex C) but it shall be determined that no visible damage has occurred.

8.4.3.3 Stage 3: test at specified internal pressure level

Visible damage like tube delamination may arise and is allowed, but no final breakdown like pull-out of the flange or flange failure is permitted.

8.5 Bending test

8.5.1 General

One specimen is subjected to a bending test which is performed in three, or possibly four, stages. The deflection measurement device and strain gauge readings shall be zeroed just before testing in stage 1.

8.5.2 Test procedure

8.5.2.1 Stage 1: test at maximum mechanical load

The bending load shall be increased smoothly from zero to MML within 30 s. When the MML is reached, it shall be maintained for at least 30 s. During this time the deflection shall be measured. The bending load shall be completely released and the residual deflection, taken 5 min after load release, shall be recorded.

8.5.2.2 Stage 2: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load

The bending load shall be increased smoothly to $1,5 \times$ MML within 30 s and shall be maintained at this value for at least 60 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection, taken minimum 5 min after load release, shall be recorded.

8.5.2.3 Stage 3: test at $2,5 \times$ maximum mechanical load

Following completion of Stage 2, a bending load shall be reapplied. It shall be increased smoothly from zero to $2,5 \times$ MML within 90 s and shall be maintained at this value for at least 60 s. Then the load shall be released smoothly.

After this load application, it shall be determined that no visible damage has occurred (see Annex C). Residual strain and deflection measurements, although of interest, are not necessary at this stage.

8.5.2.4 Stage 4: test to failure (optional)

In order to obtain more information, the load may be increased until failure of the insulator. The failing load value and the failure mode shall be recorded.

8.5.3 Acceptance criteria

8.5.3.1 Stage 1: test at maximum mechanical load

The test is passed if

- no fracture or pull out of the tube occurred;
- no visible damage of the end fittings was observed;
- the measured deflection does not exceed the value defined by the manufacturer;
- the residual deflection does not exceed the value agreed between the manufacturer and the user, when applicable.

8.5.3.2 Stage 2: test at 1,5 × maximum mechanical load

The test is passed if

- no fracture or pull out of the tube occurred;
- no visible damage of the end fittings was observed;
- after this load application the residual strain is not allowed to be greater than ±5 % of the maximum strain, and it is determined that no visible damage to the tube has occurred (see Annex C);
- the measured deflection does not exceed the value defined by the manufacturer;
- the residual deflection does not exceed the value agreed between the manufacturer and the user, when applicable.

8.5.3.3 Stage 3: test at 2,5 × maximum mechanical load

The test is passed if no fracture or pull out of the tube occurred.

9 Sample tests

9.1 Selection and number of insulators

The tests are made on a number of composite hollow insulators taken at random from the lot after passing the routine tests mentioned in 10.1. Unless otherwise specified, the number of samples shall be in accordance with Table 4.

Table 4 – Sample sizes

Number (<i>n</i>) of hollow insulators forming the lot	Number of hollow insulators to be taken for sample tests
12 or less	None, provided that tests have already been made on hollow insulators of the same type and the test report is approved by the purchaser. One, if an approved test report is not available.
13 to 100	One
101 to 200	Two
201 to 300	Three
301 to 500	Four
501 or more	The whole number equal to or next greater than $4 + \frac{1,5 n}{1000}$

The insulator(s) submitted to the tests may be returned to the lot and used in service, if non-destructive tests are used.

9.2 Testing

The selected insulator shall be subjected to the following sequence of tests:

- verification of dimensions (9.3);
- mechanical tests (9.4);
- galvanizing test when applicable (9.5).

9.3 Verification of dimensions

9.3.1 Test procedure

On all selected insulators, the dimensions of the composite hollow insulator shall comply with the values shown on the drawing, within specified tolerances for geometry, form and position.

Unless otherwise specified, the tolerances given in Annex A shall be used.

For other dimensions d without tolerances in the drawing, the following tolerances are acceptable:

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

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

The drawing can show the points between which the creepage distance is specified.

The measurement of creepage distance shall be related to the design dimensions as determined from the insulator drawing, even though this dimension may be greater than the value originally specified by the purchaser. When the creepage distance is specified as a minimum value, the negative tolerance is zero.

In the case of insulators with a creepage distance exceeding 3 m, it is permissible to measure a short section (approximately 1 m in length) of the insulator and then extrapolate.

9.3.2 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- the dimensions of the insulators conform with the drawing.

9.4 Mechanical tests

9.4.1 General

All the selected insulators shall be subjected to the following test, made in three stages, at normal ambient temperature.

9.4.2 Test procedure

9.4.2.1 Stage 1: test at $1,5 \times$ maximum mechanical load

The insulator is subjected to a sequential bending load according to the directions given in Figure 2 at normal ambient temperature. The bending load shall be increased rapidly but smoothly, from zero to $1,5 \times$ MML. If $1,5 \times$ MML is reached in less than 90 s, the load shall be maintained for the remainder of at least 90 s. During this time, the deflection shall be measured. The load is then completely released and the residual deflection recorded.

9.4.2.2 Stage 2: test at $2,0 \times$ maximum service pressure

The same insulator is then subjected to an internal pressure. The internal pressure shall be increased rapidly but smoothly from ambient atmosphere pressure to $2,0 \times$ MSP. The internal pressure shall be maintained for at least 5 min.

It is not necessary to perform this test on composite hollow insulators designed for unpressurized conditions.

9.4.2.3 Stage 3: Tightness Test

If applicable, the same insulator is then subjected to a tightness test at maximum service pressure (MSP) (See 10.5).

9.4.3 Acceptance criteria

The samples have passed these tests if

- no fracture or pull out of the tube or fracture of the end fittings occur;
- the deflections do not exceed the predetermined level, as defined by the manufacturer;
- the length, concentricity and parallelism conform to the drawing;
- the tightness test is passed, if applicable.

Any insulator that meets the acceptance criteria may be returned to the lot.

9.5 Galvanizing test

This test shall be performed on all galvanized parts in accordance with IEC 62155 when galvanized flanges are used.

9.6 Re-test procedure

Two re-test procedures are possible according to the type of the test in which the composite hollow insulator failed to meet the requirements. Table 5 shows the re-test procedure to be applied.

Table 5 – Choice of re-test procedure

Requirements not met in:	Re-test procedure to be applied
Verification of dimensions (9.3)	A, on the non-conforming dimension(s)
Mechanical test (9.4)	B
Galvanizing test when applicable (9.5)	B

a) Re-test procedure A

If one or more composite hollow insulators fail to meet the requirements, agreement shall be reached between the manufacturer and the purchaser that each composite hollow insulator in the lot is to be re-examined for the non-conforming requirement(s). Any units which do not meet these requirements shall be rejected.

b) Re-test procedure B

If a single hollow insulator fails to pass one of these tests, the test in question shall be repeated on a sample twice the size of the first sample. If, during this new test, one or more of the results are unsatisfactory, the entire lot shall be rejected.

10 Routine tests

10.1 General

The routine tests are application dependant and comprise in this recommended order:

- routine mechanical test (10.3);
- routine pressure test (10.4);
- routine tightness test (10.5).

The visual examination (10.2) can be performed before or after the mechanical tests.

10.2 Visual examination

Each insulator shall be examined. The mounting of metallic parts on the insulator assembly shall be in accordance with the drawings. The colour of the insulator shall approximately be as specified in the drawing.

The following defects are not permitted:

- on the housing, superficial defects of an area greater than 25 mm² (the total defective area shall not exceed 0,2 % of the total insulator surface) or depth or height greater than 1 mm;
- internal tube defects of a depth greater than 1 mm, and of an area greater than 25 mm². However, if the tube has an internal liner e.g. polyester-mat, defects of a depth exceeding the internal liner thickness are not permitted;
- crack at the root of the shed;
- separation or lack of bonding at the housing to metal fitting joint (if applicable);
- separation or bonding defects at the shed to sheath interface;
- moulding flashes protruding more than 1 mm above the housing surface.

10.3 Routine mechanical test

This test is applicable to composite hollow insulators when they are stressed principally by bending or by other mechanical loads in service. It is also applicable to unpressurized composite hollow insulators.

The mechanical test is performed at normal ambient temperature.

The test method shall reproduce the maximum stress expected from service.

Failed insulators shall be rejected.

NOTE Loads, methods of testing and acceptance criteria are subject to agreement between the manufacturer of the insulator and the manufacturer of equipment.

10.4 Routine pressure test

This test is applicable to composite hollow insulators which are stressed by pressure in service.

Every hollow insulator shall be subjected at normal atmospheric pressure and normal ambient temperature to a routine hydraulic or gas (e.g. air, nitrogen, helium) test pressure corresponding to $2,0 \times \text{MSP}$ for at least 1 min.

Failed insulators shall be rejected.

Especially in case of gas use, strict safety rules and appropriate equipment shall be applied (i.e. bunker), or measures to reduce the pressurized volume (e.g. filling parts).

10.5 Routine tightness test

This test is not applicable for composite hollow insulators designed for unpressurized service conditions. In addition, the test may be omitted for composite hollow insulators whose design and manufacturing process are such to exclude any sealing and tightness action of the interface.

The tightness of the interface between tube and end fitting shall be checked at MSP using gas (e.g. air, nitrogen, or helium) pressure. The internal pressure shall be maintained for at least 5 min.

Especially in case of gas use, strict safety rules and appropriate equipment shall be applied (i.e. bunker), or measures to reduce the pressurized volume (e.g. filling parts).

NOTE 1 Definition of tightness, methods of testing and acceptance criteria are subject to agreement between the manufacturer of the insulator and the manufacturer of equipment.

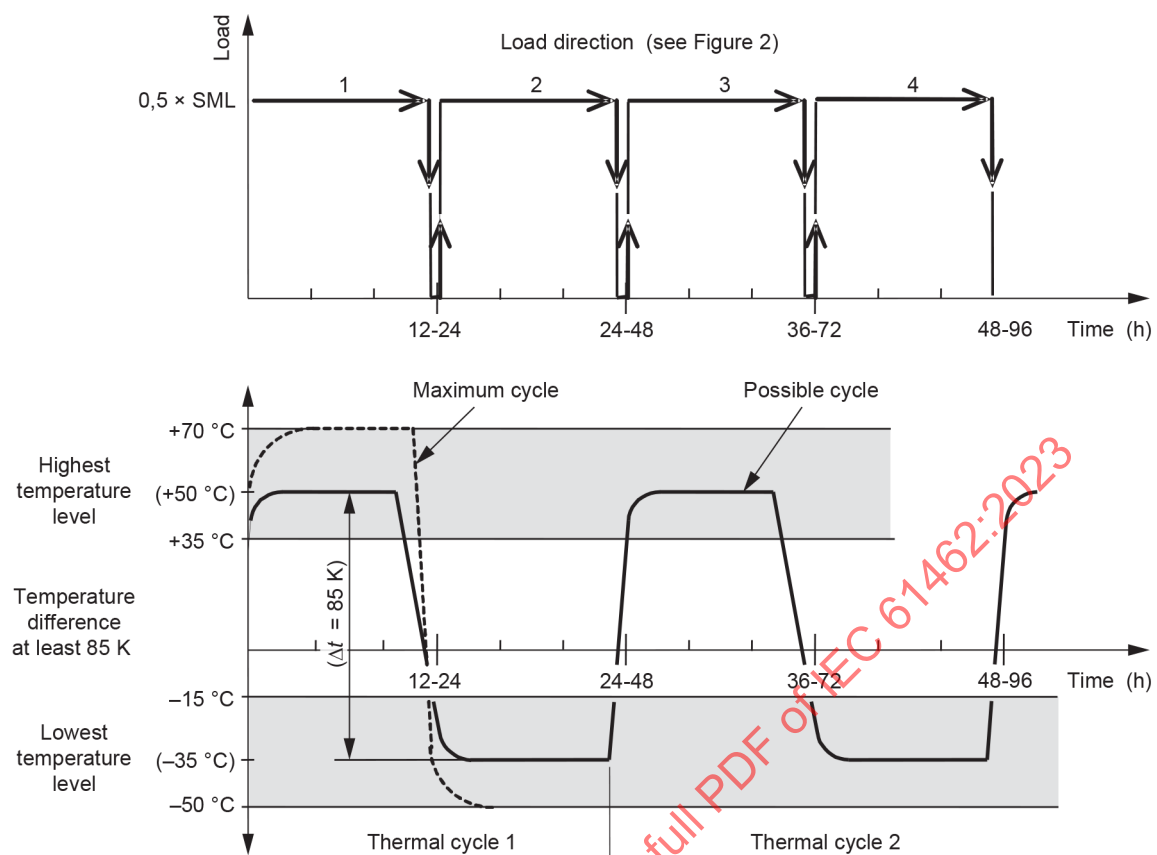
NOTE 2 Some regulations can require a specific leakage rate, e.g. 0,1 % per year. Permitted leakage rates of alternative insulating gases may vary.

11 Documentation

The manufacturer shall maintain records of all serially produced composite hollow insulators in accordance with this document for a minimum of 10 years. These records shall contain the following information:

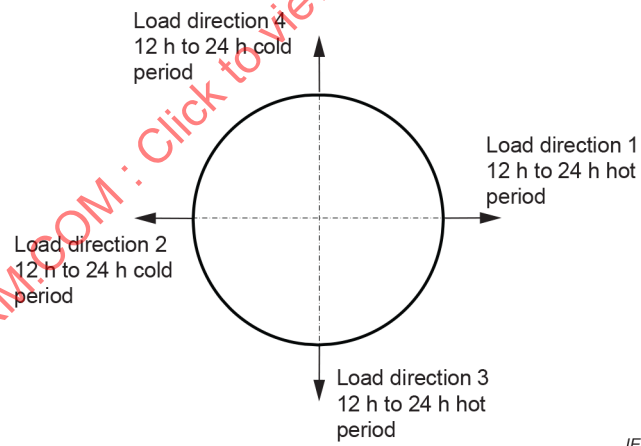
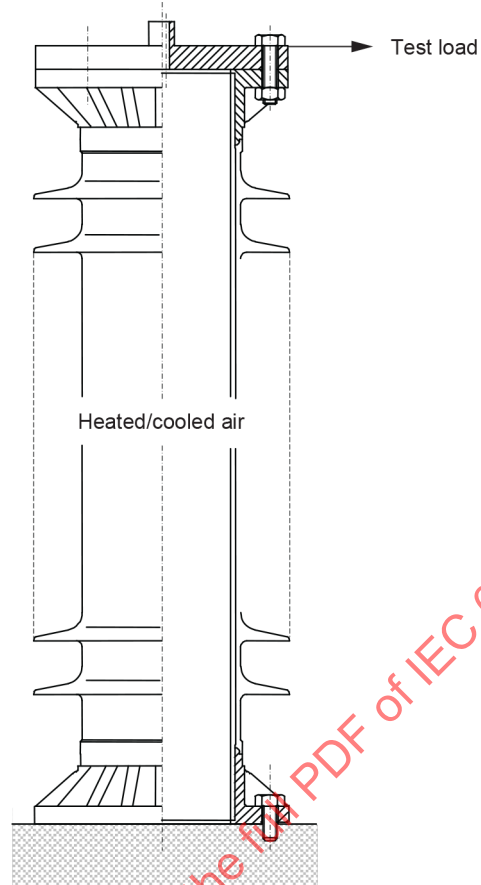
- type reference number;
- serial number;
- date of manufacture;
- routine and sample tests, date and results.

The manufacturer of equipment shall be provided with extracts of the records upon request.



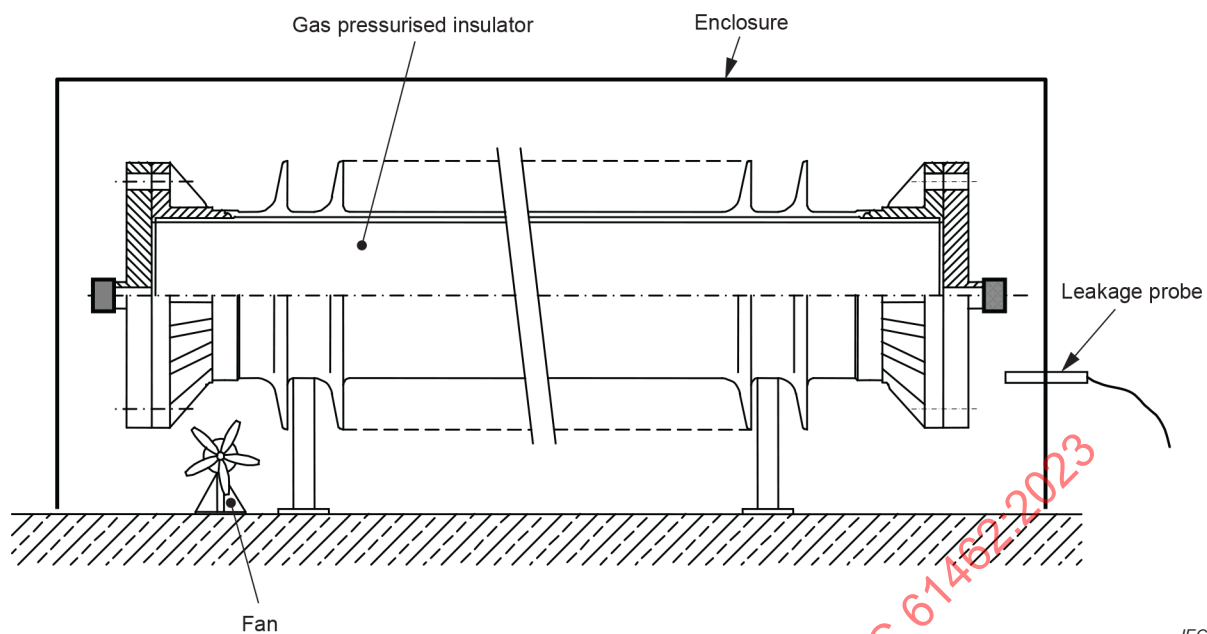
IEC

Figure 1 – Thermal-mechanical pre-stressing test – Typical cycles



IEC

Figure 2 – Thermal-mechanical pre-stressing test – Typical test arrangement



IEC

Figure 3 – Test arrangement for the leakage rate test

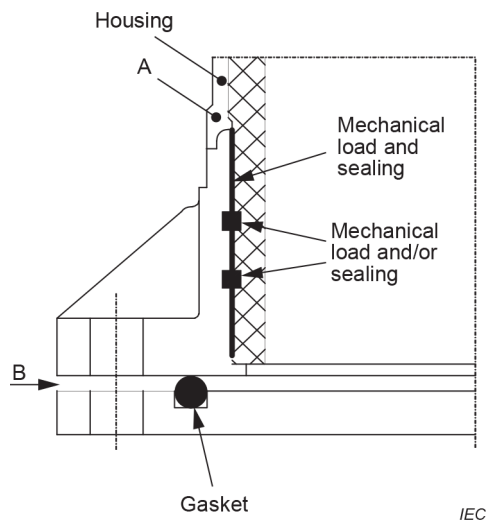


Figure 4a

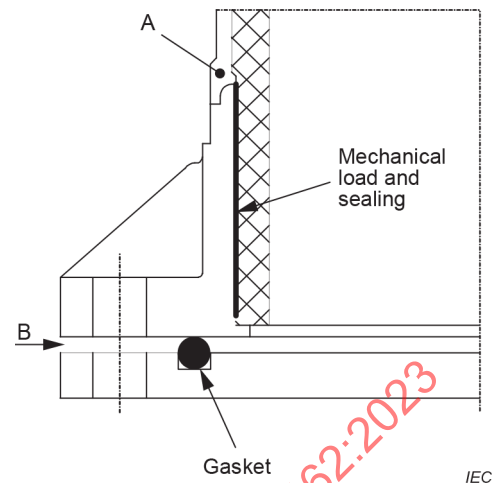


Figure 4b

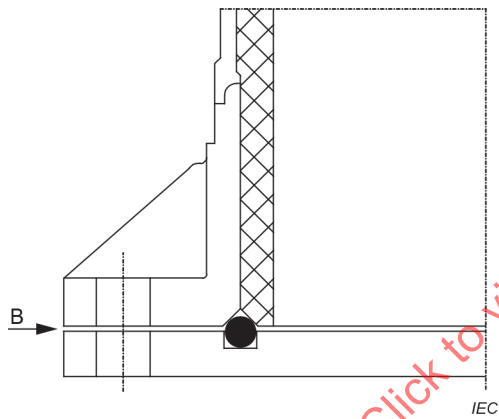


Figure 4c

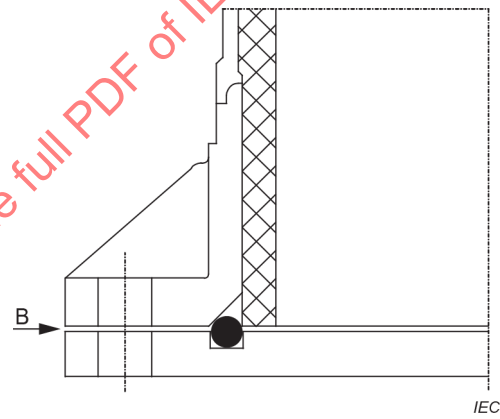


Figure 4d

Key:

- A Joint tightness
- B Gasket tightness

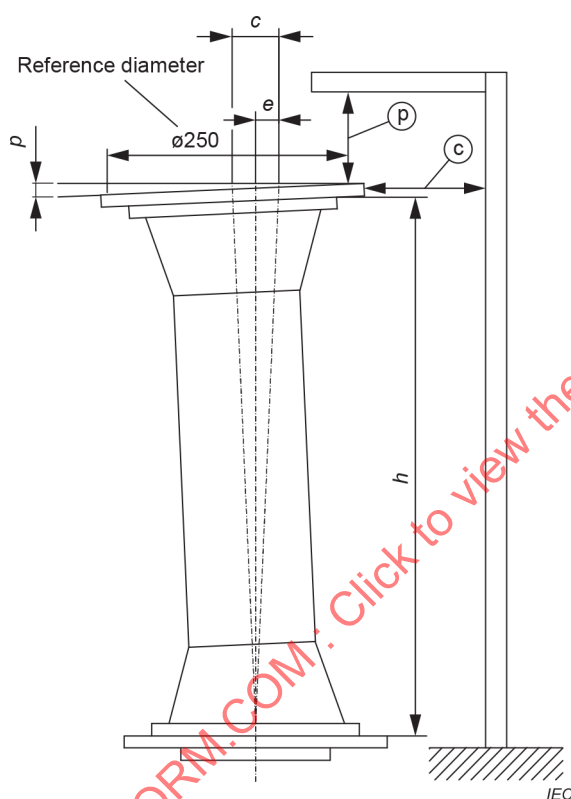
Figure 4 – Examples of sealing systems for composite hollow insulators

Annex A (normative)

Tolerances of form and position

Figure A.1, Figure A.2 and Figure A.3 give tolerances of form and position for composite hollow insulators. Figure A.1 shows a typical jig for measurement of parallelism, coaxiality and eccentricity along with the relative tolerances. Figure A.2 and Figure A.3 show two examples of methods of measuring the angular deviation of the fixing holes; Figure A.4 summarizes the applicable tolerances according to standard drawing practice (ISO 1101).

Guidelines on the methods of measurement can be found in Annex A of IEC 60168:1994 and Annex A of IEC 62155:2003.



Legend

Parallelism of the end faces:

for $h \leq 1$ m, $p \leq 0,5$ mm

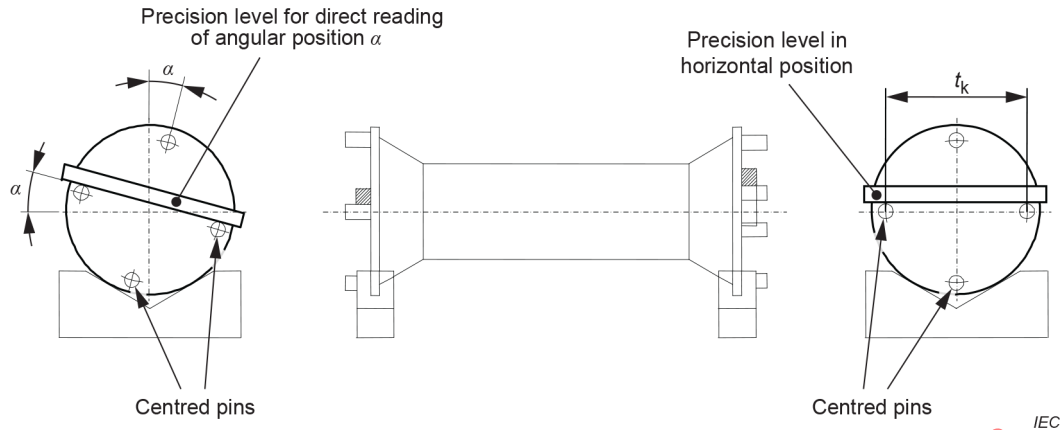
for $h > 1$ m, $p \leq 0,5$ h mm with "h" in meters

The tolerances of the parallelism are related to a diameter of 250 mm.

Coaxiality and concentricity: $C = 2 \times e$

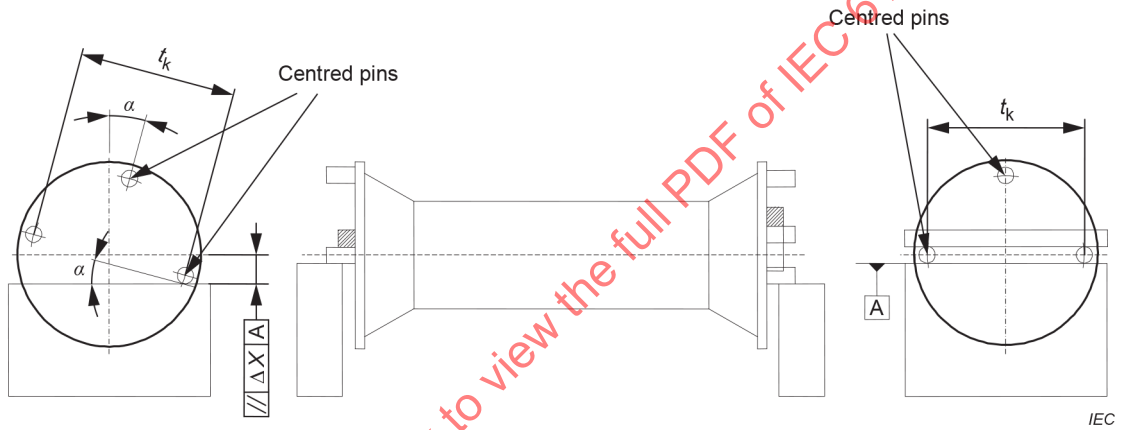
Eccentricity: $e \leq 2 (1+h)$ mm with "h" in metres.

Figure A.1 – Parallelism, coaxiality and concentricity



Tolerance of the deviation: $\alpha \leq \pm 1^\circ$

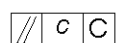
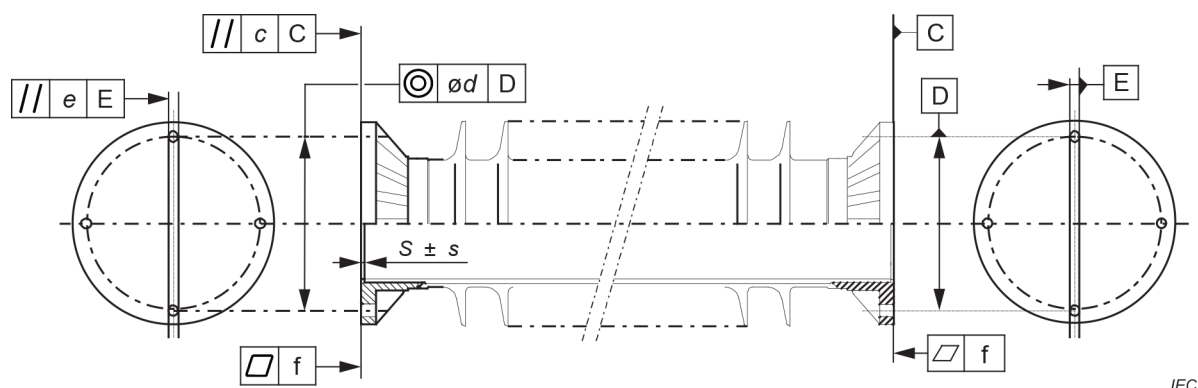
Figure A.2 – Angular deviation of fixing holes: Example 1



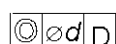
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta x}{t_k} \right) \text{ where } t_k \text{ is the distance between the centres of two opposite pins.}$$

Tolerance of the deviation: $\alpha \leq \pm 1^\circ$

Figure A.3 – Angular deviation of fixing holes: Example 2



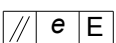
Parallelism: the upper face plane is parallel to the lower reference plane C within the indicated tolerances.



Coaxiality and concentricity: the axes of the top fitting fixing holes have to be within a cylinder with a diameter as indicated by the numerical value.



Evenness: the numerical value indicates the maximum admissible unevenness of the face.



Alignment of the fixing holes: the line between two opposite axes of holes of the top fitting have to be in line with the corresponding line of the bottom fitting with two parallels of specified distance " e ".

$S \pm s$

For proper sealing, the ground end faces have to be at a distance within specified tolerances from the fitting faces.

Figure A.4 – Tolerances according to standard drawing practice

Annex B (informative)

General recommendations for design and construction

B.1 Guidance for design

Guidance for the design of gas-pressurized composite hollow insulators for high-voltage equipment given in Annex B takes into account that these hollow insulators are subjected to particular operating conditions which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels.

When designing composite hollow insulators the following points shall be taken into consideration:

- electrical strength, mechanical strength and technological problems including materials for fittings and jointing may influence the real construction, but due to the complexity of this subject no definitive guide can be given;
- a critical selection of materials for the insulating body is also necessary (see IEC 62039, as a guideline);
- a type of an insulating pressurized enclosure may be considered as appropriate for intended use only after the electrical equipment of which it is a part has satisfactorily passed the type tests called for by the particular standards with which the equipment must comply.

B.2 Guidance for the maximum service pressure

Usually the MSP is the "design pressure". Solar radiation shall be taken into account when it has a significant effect on the pressure of the gas.

NOTE In some special cases (for example circuit-breakers) the transient pressure rise occurring during breaking operation must be taken into account.

B.3 Guidance on sample testing of tube material

The following information is intended to guide the manufacturer and user of FRP tubes with a testing procedure to verify the quality of the tube material.

A test specimen is taken from the surplus of the tube from which the composite hollow insulator is manufactured.

One or both of the following methods of IEC 62217 may be used to check the quality of impregnation of the FRP tube:

- porosity test (Dye penetration test);
- water diffusion test.

In addition, to verify the minimum design value of the glass transition temperature, T_g , of the FRP tube, the T_g measurement method described in ISO 11357-2:2020 or ISO 11359-2:2021 can be used.

NOTE To evaluate the performance of the complete insulator, it is relevant to also verify the minimum design value of the T_g of the glue used to fasten the end fittings onto the FRP tube.

B.4 Guidance for the temperature required by the equipment manufacturer

The equipment manufacturer shall define the applicable service temperature values. These values shall be within the limits of the specified temperature(s).

B.5 Guidance for the mechanical loads required by the equipment manufacturer

The equipment manufacturer specifies the mechanical loads for the composite hollow insulator on the basis of weighted stresses arising from various service loads. Attention is drawn to the fact that the relative importance of each of these loads for composite hollow insulators may be different from that assigned to the same load on equivalent ceramic hollow insulators as suggested in IEC 62155.

In addition to operating loads, the following sources are recommended for determining the values necessary for calculating various loads:

- terminal loads: IEC 62271-100;
- wind loads: IEC 62271-100 and IEC 62271-1;
- ice loads: IEC 62271-100 and IEC 62271-1;
- short-circuit loads: IEC 60865-2;
- seismic loads: IEC TR 62271-300 and IEC 61463.

B.6 Summary of the tests

Table B.1 shows the different loads, pressure, and pre-stressing of the different tests for composite hollow insulators.

Table B.1 – Loads/stress and classification of tests

Subclause	Test	Stress / Load	Internal pressure		Classification
			with ^{a)}	without ^{b)}	
7.2.3	Reference disruptive-discharge dry power frequency flashover	Electrical, U_{ref}	+	+	Design tests
7.2.4	Thermal mechanical pre-stressing	0,5 × SML bending in four directions, $\Delta\theta = 85$ K, two 24 h to 48 h cycles	+	+	
7.2.5	Water immersion pre-stressing	See IEC 62217	+	+	
7.2.6.2	Steep-front impulse high voltage	Electrical, 1 000 kV/ μ s impulse voltage, 25 impulses $\pm$	+	+	
7.2.6.3	Dry power frequency voltage	Electrical, 80 % U_{ref} , 30 min	+	+	
7.2.6.4.1	Internal pressure – stage 1 – gas leakage	Pressure 1,0 × MSP, for at least 60 min, gas	+	N/A	
7.2.6.4.2	Internal pressure – stage 2 – water leakage	Pressure 4,0 × MSP for 5 min, water	+	N/A	
7.3	Tests on shed and housing material	See IEC 62217	+	+	
7.4	Tests on the tube material	See IEC 62217	+	+	Type tests
8.4.2.1	Internal pressure test – stage 1	Pressure 2,0 × MSP for 5 min	+	N/A	
8.4.2.2	Internal pressure test – stage 2.	Pressure 4,0 × MSP for ≥ 5 min	+	N/A	
8.4.2.3	Internal pressure test – stage 3 (optional)	Pressure SIP (if SIP > 4,0 × MSP) for 5 min	+	N/A	
8.5.2.1	Bending test – stage 1	Bending MML, ≥ 30 s	+	+	
8.5.2.2	Bending test – stage 2	Bending 1,5 × MML, ≥ 60 s	+	+	
8.5.2.3	Bending test – stage 3	Bending 2,5 × MML, ≥ 60 s	+	+	
8.5.2.4	Bending test – stage 4 (optional)	Test to failure	+	+	
9.4.2.1	Mechanical test – stage 1	Bending 1,5 × MML, total 90 s, in four directions	+	+	Sample tests
9.4.2.2	Mechanical test – stage 2	Pressure 2,0 × MSP, ≥ 5 min	+	N/A	
9.4.2.3	Mechanical test – stage 3	Tightness test	+	N/A	
9.5	Galvanizing test	See IEC 62155	+	+	
10.3	Routine mechanical test	By agreement	N/A or + ^{c)}	+	Routine tests
10.4	Routine pressure test	Pressure 2,0 × MSP, ≥ 1 min	+	N/A	
10.5	Routine tightness test	Pressure MSP, gas > 5 min	+	N/A	

^{a)} Internal pressure means a permanent gas pressure greater than 0,05 MPa (0,5 bar) gauge. The gas can be dry air or inert gases, for example sulphur hexafluoride, nitrogen, or a mixture of such gases.

^{b)} No internal pressure means gas pressure, or liquid pressure smaller than or equal to 0,05 MPa (0,5 bar) gauge.

^{c)} The routine mechanical test is applicable to pressurized insulators when the principal service stress is due to mechanical loads.

Table B.2 shows a practical application of the values for pressure and mechanical loads.

Table B.2 – Example of pressure/bending values – Practical relationship of the values

	Tube in phase
Example values	
Maximum service pressure MSP = 1,00 MPa (design pressure)	Elastic
Specified internal pressure SIP = 4,5 MPa	Plastic
Maximum mechanical load MML = 2 000 N (design load)	Elastic
Specified mechanical load SML = 5 000 N	Plastic
Design tests	
<i>Pressure</i>	
1,0 × MSP gas leakage = 1,00 MPa	Elastic
4,0 × MSP water tightness = 4,0 × 1,0 = 4,0 MPa	Plastic
<i>Bending</i>	
0,5 × SML, four directions, $\Delta\theta = 85^\circ$, $= 0,5 \times 5\,000 = 2\,500$ N	Elastic
Type tests	
<i>Pressure</i>	
2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa	Elastic
4,0 × MSP = 4,0 × 1,0 = 4,0 MPa	Plastic
1,0 × SIP = 1,0 × 4,5 = 4,5 MPa	Plastic
<i>Bending</i>	
1,0 × MML = 1,0 × 2 000 = 2 000 N	Elastic
1,5 × MML = 1,5 × 2 000 = 3 000 N	Elastic
2,5 × MML = 2,5 × 2 000 = 5 000 N	Plastic
Sample tests	
<i>Bending</i>	
1,5 × MML, four directions = 1,5 × 2 000 = 3 000 N	Elastic
<i>Pressure</i>	
2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa	Elastic
Routine tests	
<i>Bending</i>	
1,0 × MML	Elastic
<i>Pressure</i>	
2,0 × MSP = 2,0 × 1,0 = 2,0 MPa	Elastic
1,0 × MSP gas tightness = 1,0 × 1,0 = 1,0 MPa	Elastic

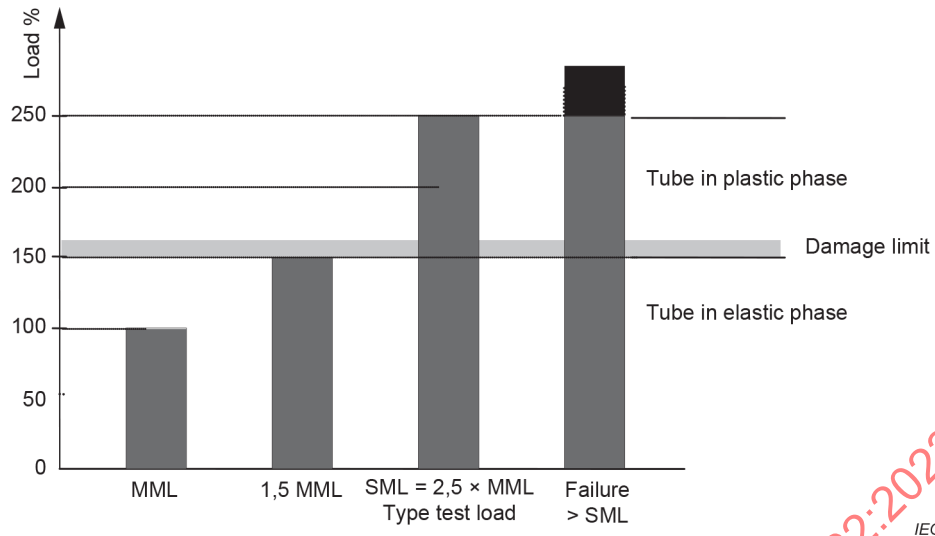


Figure B.1 – Relationship of bending loads

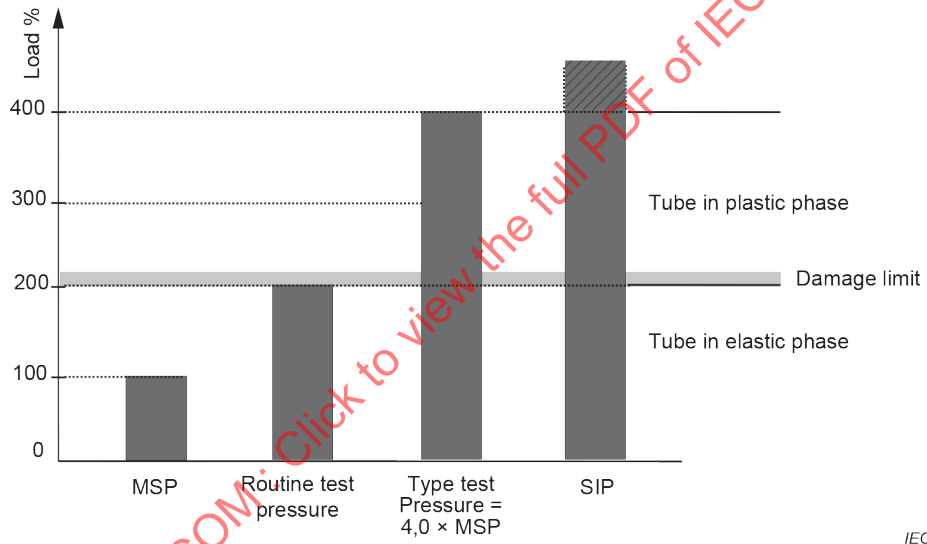


Figure B.2 – Relationship of pressures

Annex C

(informative)

Principles of damage limit and use of reversible and irreversible strain caused by internal pressure and/or bending loads on composite hollow insulator tubes

C.1 Overview

It is known that the time to failure of a composite insulator under a mechanical load such as a tension load depends on the load level. As the load approaches the ultimate strength of the insulator, the time to failure is reduced. However, the vast experience gained with composite insulators stressed by mechanical loads in service has shown that there is a load below which the insulator will not fail no matter how long the load is applied because that load does not damage the insulator. These findings are confirmed by laboratory tests. This load level is known as the damage limit.

Strain gauges are used to verify if a given load applied to a composite hollow insulator under test has damaged the tube of the insulator. The damage limit of the tube has not been exceeded when the residual strain is $0 \pm 5\%$ of the maximum strain measured during the test. If the residual strain is higher, it can be assumed that damage has occurred.

C.2 Definition

Strain measurement with strain gauges as shown in Figure C.1 (see 8.4.1 and 8.4.2):

- A reversible process without damage to the tube occurs, if, at the end of the test, the load is zero and the strain is also $0 \pm 5\%$ of the maximum strain (see Figure C.2). In this case, the tube is considered to be in the elastic phase.
- An irreversible process with damage to the tube occurs, if, at the end of the test, the load is zero and the strain is greater than $0 \pm 5\%$ of the maximum strain (see Figure C.3). In this case, the tube is considered to be in the irreversible plastic phase. Visible damage may not be apparent.

The reason for applying a tolerance of $\pm 5\%$ of the maximum strain is due to the possibility that measurement inaccuracies may arise from

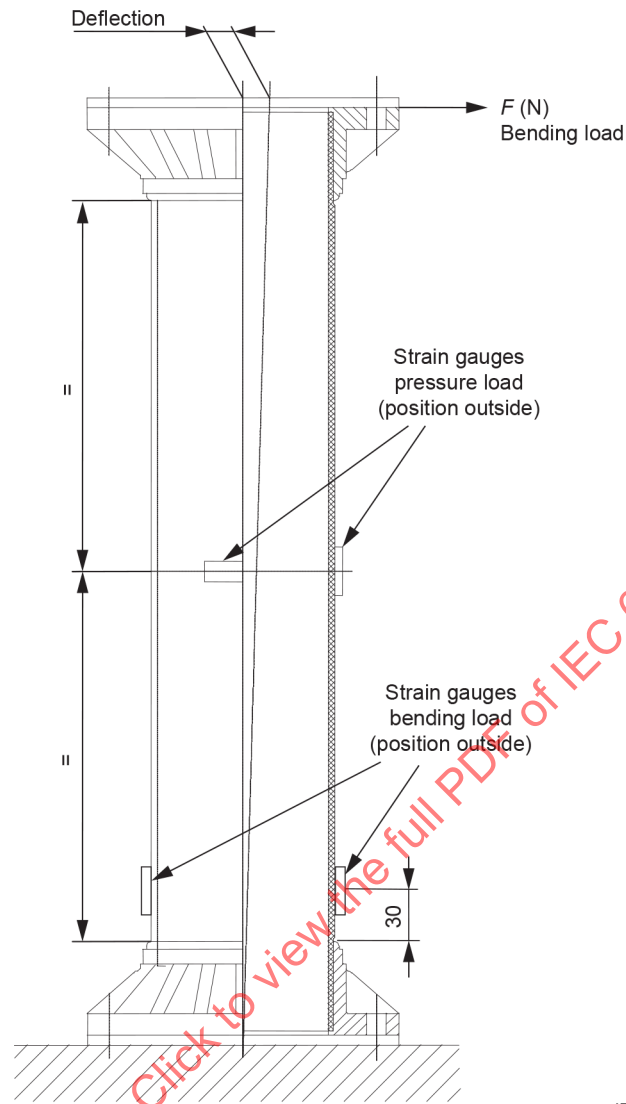
- test equipment inaccuracy;
- strain gauge inaccuracy;
- the method of attachment of accuracy and positioning the strain gauges;
- poor electrical contacts;
- the initial condition of the tube;
- any time-related relaxation.

C.3 Example of determining the strain tolerance

If the maximum (100 %) strain is $2\,000\ \mu\text{m/m}$, then

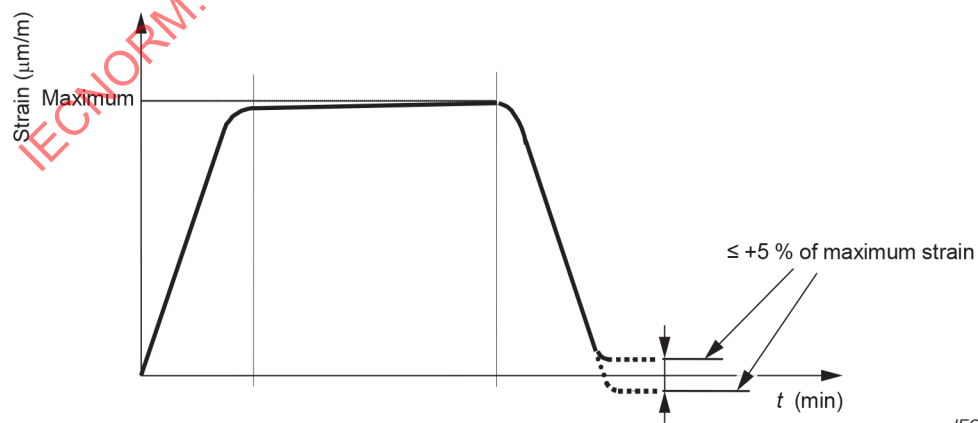
$$\text{tolerance} = 2\,000\ \mu\text{m/m} \times 5\% = 100\ \mu\text{m/m}$$

A larger value than $\pm 5\%$ may be tolerated for very low, non critical strain values.



IEC

Figure C.1 – Position of strain gauges for pressure load and bending load



IEC

Figure C.2 – Strain/time curve, reversible elastic phase

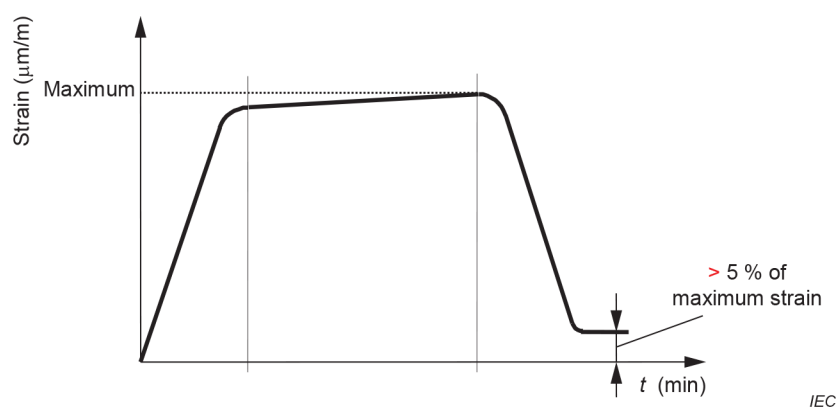


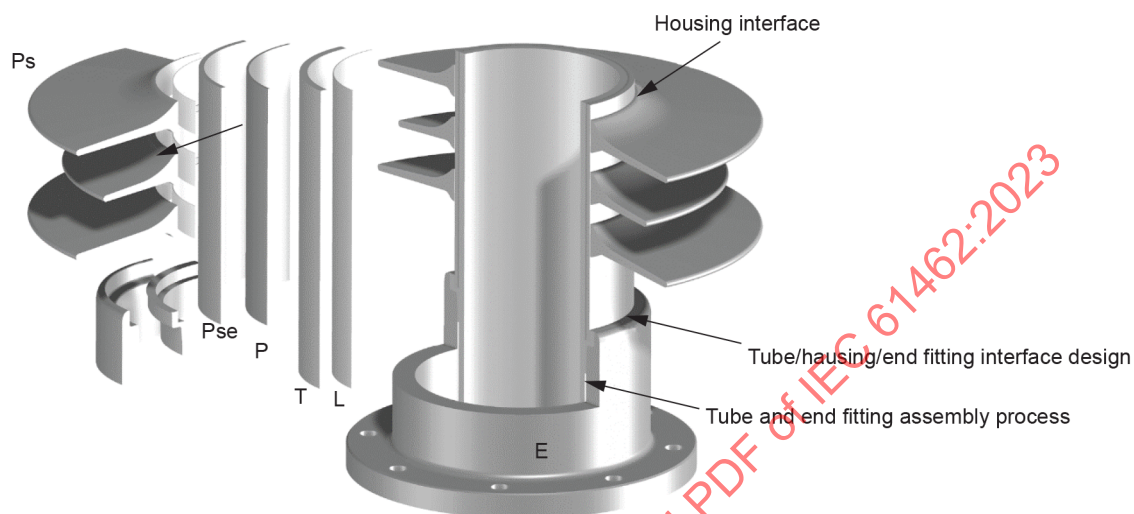
Figure C.3 – Strain/time curve, irreversible plastic phase, damage limit

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

Annex D (informative)

Principle sketch of hollow insulators design assembly

Figure D.1 shows an interface description for an insulator with housing made by modular assembly.



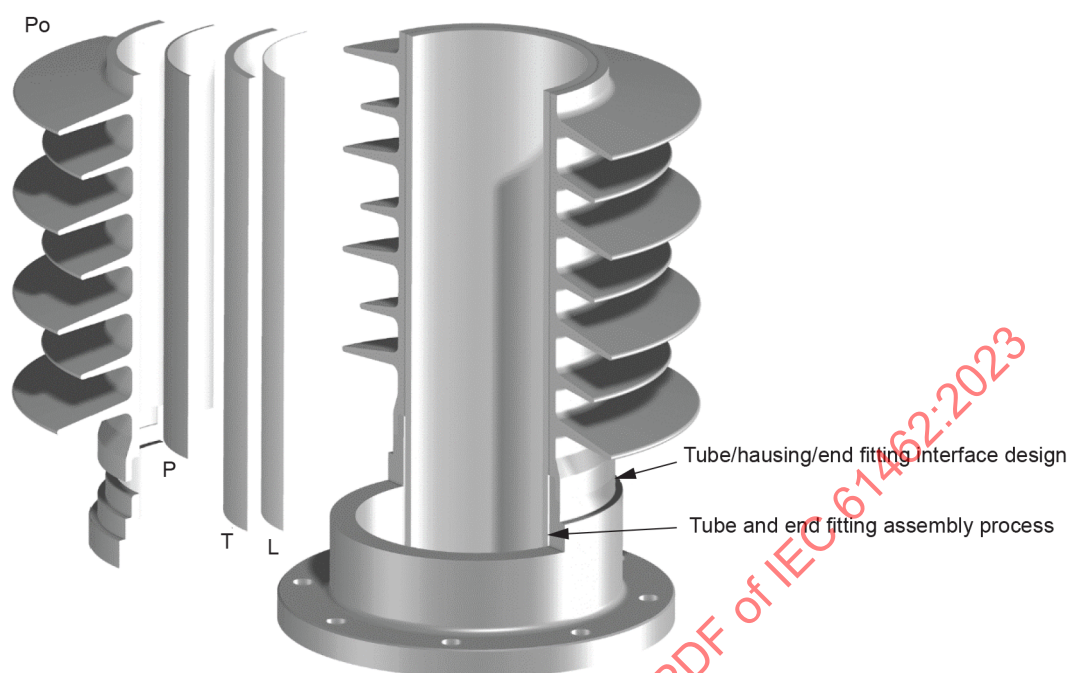
IEC

Ps = Polymer shed, Pse = Polymer sheath, P = Primer, T = Tube (FRP), L = Liner (if applicable). E = End fitting

NOTE The primer is usually not visible

Figure D.1 – Interface description for insulator with housing made by modular assembly

Figure D.2 shows an interface description for an insulator with housing made by injection molding and overmolded end fitting.



IEC

Po = Polymer, P = Primer, T = Tube (FRP), L = Liner (if applicable). E = End fitting

NOTE The primer is usually not visible

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

Annex E (informative)

Type tests on tapered (conical) insulators

E.1 General

Tapered (conical) hollow core insulators are commonly used in e.g. transformer bushings, cable terminations and post insulators. The length of these insulators is often adapted and tailored for different projects e.g. due to pollution, environmental conditions and space limitations. In addition, internal pressure tests on large insulators often requires shorter test specimens to minimize the influence of the self-weight of the pressure media. A length change of a tapered insulator is not changing the insulator type and as for cylindrical insulators a type test on a tapered insulator is usually valid for tapered insulators of the same type with different lengths (shorter or longer). This has been a successful common practice for 20 years.

However, the location where the maximum stress is expected need to be at the same location for a type test to be valid for an insulator of a different length than the specimens tested in the type test. This means that the preparation of the specimen for the type tests (8.2) need to be carefully considered e.g. *"the strain gauges shall be installed at the location where the maximum stress is expected"*. Finite element stress analysis can be used to determine the location of maximum stresses.

E.2 Minimum length on the most stressed cylindrical parts on shortened test specimens

At the constrained end of an insulator tube e.g. at the transition from the fixing device (end fitting) to the insulator tube there is a boundary layer (end effects) that influence the stress in the tube. The length of the boundary layer is governed by the linear half-wavelength for axial bending of a cylindrical shell, which for an orthotropic shell can be expressed as [1]¹,

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{d_m}{2}} t \left(\frac{1}{3(1-\nu_{12}\nu_{21})} \frac{E_1}{E_2} \right)^{1/4} \quad (\text{E.1})$$

where d_m , t , ν and E are midsurface diameter of the tube, tube wall thickness, tube Poisson's ratio and stiffnesses. Subscript 1 and 2 indicates axial and tangential direction of the tube.

In the Eurocode for shell steel structures [2] the length of a shell segment is defined in terms of the dimensionless length parameter, ω ,

$$\omega = \frac{l}{\sqrt{\frac{d_m}{2}} t} \quad (\text{E.2})$$

where l is the length of the shell segment.

¹ Numbers in square brackets refer to references in Clause E.5.

If the length of a stressed cylindrical part is shorter than the linear half-wavelength than the boundary layer extends over the entire cylindrical part, see Figure E.1 for illustration of a cylindrical part. Based on that the minimum length of the most stressed cylindrical part on a shortened test specimen is suggested to be at least two linear half-wavelengths ($l > 2\lambda$).

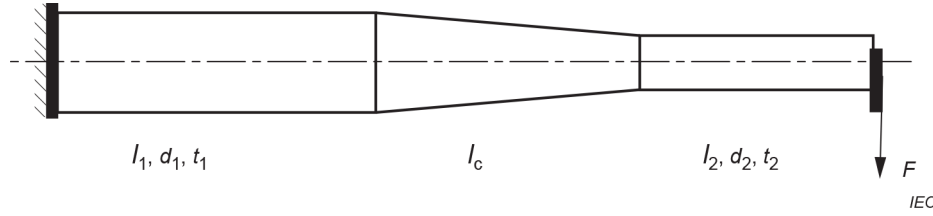


Figure E.1 – Illustration of tapered insulators in bending

This is a conservative assumption that there are two separated boundary layers that shall not interact with each other.

- 1) One boundary layer that extends from the tip of the fixing device out on the cylindrical part.
- 2) A second boundary layer starting at the transition from the cylindrical part to the tapered part and extend in the opposite direction towards the tip of the of the fixing device.

The dimensionless length parameter can then be expressed as

$$\omega > 2\pi \left(\frac{1}{3(1 - \nu_{12}\nu_{21})} \frac{E_1}{E_2} \right)^{1/4} \quad (\text{E.3})$$

From the equation above the dimensionless length parameter, ω become larger when the axial stiffness, E_1 is much larger than the tangential stiffness, E_2 .

The upper bound for the dimensionless length parameter, ω for an insulator tube can be considered as a glass fiber composite tube with volume fiber fraction of 60 % with all fiber along the tube (axial direction) which gives following estimated material properties $E_1 = 47$ GPa, $E_2 = 12$ GPa, $\nu_{12} = 0,30$ and $\nu_{21} = 0,08$. These properties suggest that a conservative starting point for the minimum length of a stressed shortened cylindrical part is

$$l \geq 5\sqrt{d_m t} \quad (\text{E.4})$$

E.3 Internal pressure test

In the internal pressure test the location and magnitude of the maximum stresses will be the same on tapered insulators of the same type, irrespective of length, provided that the criteria E.4 is considered for the length of the most stressed cylindrical section. Hence an internal pressure Type test on a tapered insulator is valid for all insulators of the same type irrespective of length.

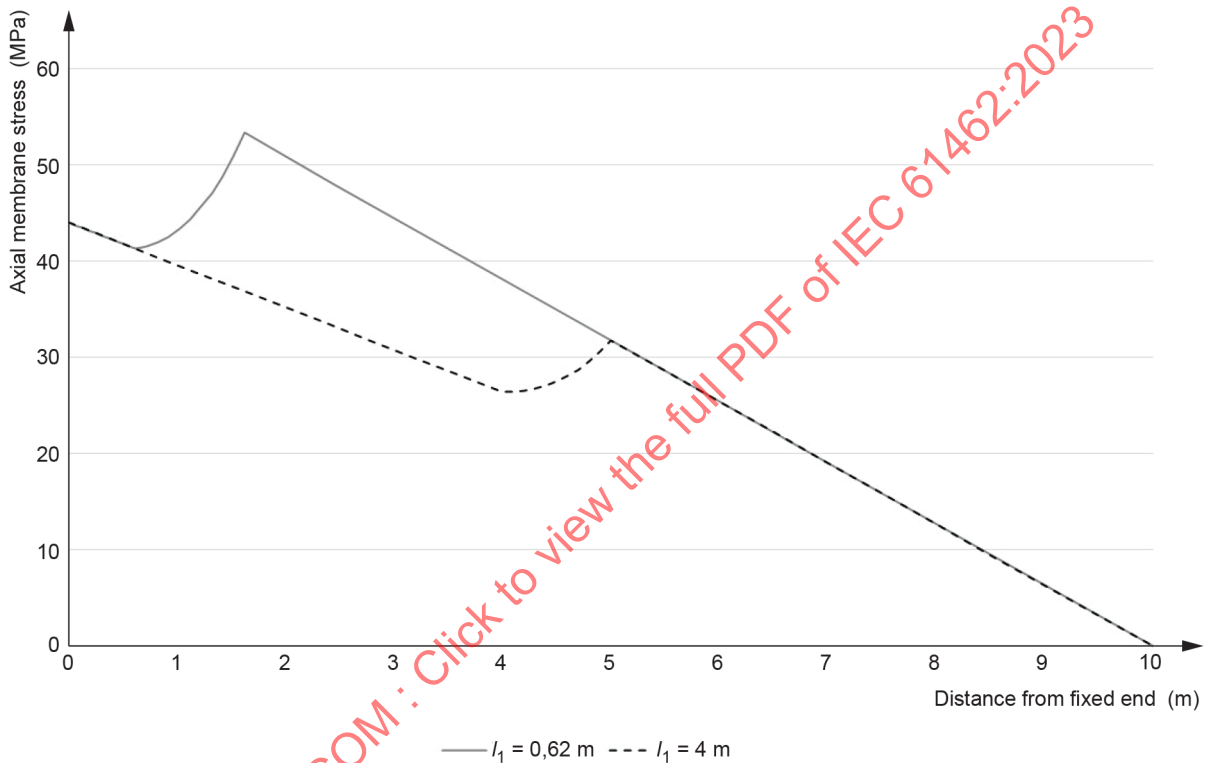
E.4 Bending test

Bending Type tests on shortened tapered insulators is in general not a problem compared to bending Type tests on shortened cylindrical insulators. However, bending tests of shortened tapered insulators might need special consideration and attention, especially if the ratio between the large and small diameter is large and the tapered length is short.

Consider a tapered insulator as in Figure E.1 where following parameters are constant,

- Total length, $l_1 + l_t + l_2 = 10\ 000\text{ mm}$
- Length of tapered part, $l_t = 1\ 000\text{ mm}$
- Cylindrical part 1: Inner diameter, $d_1 = 750\text{ mm}$ and thickness $t_1 = 20\text{ mm}$
- Cylindrical part 2: Inner diameter, $d_2 = 500\text{ mm}$ and thickness $t_2 = 30\text{ mm}$
- $F = 40\text{ kN}$

Figure E.2 illustrates the maximum axial membrane stress along the tube for two different lengths l_1 of the cylindrical section 1.



IEC

Figure E.2 – Illustration of axial membrane stress along the insulator when the length of the cylindrical parts is changed

The " $l_1 = 0.62\text{ m}$ " curve in Figure E.2 is the minimum length of the first cylindrical part (l_1) according to Equation (E.4) which results in highest stress in the transition between the tapered part and the second cylindrical part (l_2). The second curve ($l_1 = 4\text{ m}$) in Figure E.2 is with a longer first cylindrical part (l_1) where the maximum stress is expected in the transition between the fixing device (end fitting) and the first cylindrical part.

This example shows how the location and magnitude of the maximum stresses may differ between tapered insulators of the same type in the bending test and depend on length and position of the tapered part. Therefore, the position and magnitude of the maximum stresses need to be calculated and compared before a bending Type test of a tapered insulator can be claimed valid for another tapered insulator of the same type but with different length or position of the tapered part. This is mainly an issue for tapered insulators with a large ratio between the large and small diameter and a short length of tapered part.

E.5 References

- [1] Rotter JM. Sadowski AJ. Cylindrical shell bending theory for orthotropic shells under general axisymmetric pressure distributions. Engineering Structures, 42, 258-265. 2012
- [2] Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

Bibliography

- IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*
- IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on AC systems*
- IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*
- IEC TR 60865-2, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 2: Examples of calculation*
- IEC TR 62271-300, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers*
- IEC 62271-100, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*
- IEC TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*
- IEC TS 60815-3, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for AC systems*
- IEC TS 60815-4, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 4: Insulators for DC systems*
- IEC TS 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on DC systems*
- IEC 60068-2-17, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*
- IEC 60168, *Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*
- IEC TS 61463, *Bushings – Seismic qualification*
- ISO 1101, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run out*
- ISO 11357-2:2020, *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 2: Determination of glass transition temperature and step height*
- ISO 11359-2:2021, *Plastics – Thermomechanical analysis (TMA) – Part 2: Determination of coefficient of linear thermal expansion and glass transition temperature*
- CIGRE Technical Brochure 611, *Feasibility study for a DC tracking & erosion test*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	55
INTRODUCTION.....	57
1 Domaine d'application	59
2 Références normatives	60
3 Termes et définitions	60
4 Relations entre les charges mécaniques.....	65
4.1 Charges appliquées à l'extérieur de l'isolateur	65
4.2 Pressions.....	65
5 Marquage	65
6 Classification des essais	66
6.1 Généralités	66
6.2 Essais de conception	66
6.3 Essais de type	68
6.4 Essais sur prélèvements	68
6.5 Essais individuels de série	68
7 Essais de conception	69
7.1 Généralités	69
7.2 Essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité	69
7.2.1 Généralités	69
7.2.2 Specimen	69
7.2.3 Essai de référence de tenue à la décharge disruptive à fréquence industrielle à sec	69
7.2.4 Essai de précontrainte thermomécanique	70
7.2.5 Essai de précontrainte par immersion dans l'eau	70
7.2.6 Essais de vérification	70
7.3 Essais du matériau des ailettes et du revêtement	71
7.3.1 Essai de dureté	71
7.3.2 Essai climatique accéléré	71
7.3.3 Essai de cheminement et d'érosion - Essai de tension en courant alternatif de brouillard salin de 1000 h	72
7.3.4 Essai d'inflammabilité	72
7.3.5 Essai de transfert d'hydrophobicité	72
7.4 Essais sur le matériau du tube	72
7.4.1 Généralités	72
7.4.2 Essai de porosité (essai de pénétration de colorant)	72
7.4.3 Essai de pénétration d'eau	72
7.5 Essai de pénétration d'eau sur noyau avec revêtement	72
8 Essais de type (essais mécaniques seulement)	72
8.1 Généralités	72
8.2 Specimens	73
8.3 Préparation du spécimen	73
8.4 Essai de pression interne	75
8.4.1 Généralités	75
8.4.2 Procédure d'essai	75
8.4.3 Critères d'acceptation	75
8.5 Essai de flexion	75

8.5.1	Généralités	75
8.5.2	Procédure d'essai	76
8.5.3	Critères d'acceptation	76
9	Essais sur prélèvements	77
9.1	Choix des isolateurs et nombre d'isolateurs	77
9.2	Essais	77
9.3	Vérification des dimensions	77
9.3.1	Procédure d'essai	77
9.3.2	Critères d'acceptation	78
9.4	Essais mécaniques	78
9.4.1	Généralités	78
9.4.2	Procédure d'essai	78
9.4.3	Critères d'acceptation	78
9.5	Vérification de la galvanisation	79
9.6	Procédure de contre-essai	79
10	Essais individuels	79
10.1	Généralités	79
10.2	Examen visuel	79
10.3	Essai individuel mécanique	80
10.4	Essai individuel de pression	80
10.5	Essai individuel d'étanchéité	80
11	Documentation	81
Annexe A (normative) Tolérances de forme et de position		85
Annexe B (informative) Recommandations générales pour la conception et la construction		88
B.1	Recommandations pour la conception	88
B.2	Recommandations concernant la pression maximale de service	88
B.3	Recommandations pour les essais sur prélèvements de matériaux de tube	88
B.4	Recommandations concernant la température exigée par le fabricant d'équipement	89
B.5	Recommandations concernant les charges mécaniques exigées par le fabricant d'équipement	89
B.6	Synthèse des essais	89
Annexe C (informative) Principes de la limite d'endommagement et de l'utilisation des déformations réversibles et irréversibles causées par la pression interne et/ou les charges de flexion sur les tubes des isolateurs composites creux		93
C.1	Vue d'ensemble	93
C.2	Définition	93
C.3	Exemple d'évaluation de la tolérance d'élongation	94
Annexe D (informative) Schéma de principe descriptif des isolateurs creux		96
Annexe E (informative) Essais de type réalisés sur des isolateurs à tube conique		98
E.1	Généralités	98
E.2	Longueur minimale sur les parties cylindriques les plus sollicitées des spécimens raccourcis	98
E.3	Essai de pression interne	100
E.4	Essai de flexion	100
E.5	Références	101
Bibliographie		102

Figure 1 – Essai de précontrainte thermomécanique – Cycles types	81
Figure 2 – Essai de précontrainte thermomécanique – Montage d'essai type	82
Figure 3 – Montage pour l'essai de taux de fuite	83
Figure 4 – Exemples de systèmes d'étanchéité des isolateurs composites creux	84
Figure A.1 – Parallélisme, coaxialité et concentricité.....	85
Figure A.2 – Déviation angulaire des trous de fixation: Exemple 1	86
Figure A.3 – Déviation angulaire des trous de fixation: Exemple 2	86
Figure A.4 – Tolérances selon les pratiques normales applicables aux plans	87
Figure B.1 – Relation entre les charges de flexion	92
Figure B.2 – Relation entre les pressions.....	92
Figure C.1 – Position des jauges de déformation pour les charges de pression et de flexion.....	94
Figure C.2 – Courbe déformation/temps, domaine élastique réversible	95
Figure C.3 – Courbe déformation/temps, domaine plastique irréversible, limite d'endommagement	95
Figure D.1 - Description de l'interface pour un isolateur dont le revêtement consiste en un assemblage modulaire	96
Figure D.2 Description de l'interface pour un isolateur dont le revêtement consiste en un moulage par injection associé à un surmoulage appliqué sur les armatures d'extrémité.....	97
Figure E.1 – Représentation des isolateurs à tube conique soumis à l'effort de flexion	99
Figure E.2 – Représentation de la contrainte de membrane axiale exercée le long de l'isolateur, lorsque la longueur de la partie cylindrique est modifiée	101
Tableau 1 – Charges mécaniques appliquées à l'isolateur	65
Tableau 2 – Pressions appliquées à l'isolateur.....	65
Tableau 3 – Essais à réaliser après les modifications de conception.....	67
Tableau 4 – Tailles d'échantillon	77
Tableau 5 – Choix de la procédure de contre-essai.....	79
Tableau B.1 – Charges/contraintes et classification des essais.....	90
Tableau B.2 – Exemple de niveaux de pression/flexion – Relation usuelle entre les niveaux.....	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ISOLATEURS COMPOSITES CREUX –
ISOLATEURS AVEC OU SANS PRESSION INTERNE POUR UTILISATION
DANS DES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES DE TENSIONS
ALTERNATIVES ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 1 000 V ET DE TENSIONS
CONTINUES SUPÉRIEURES À 1 500 V –
DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAI, CRITÈRES D'ACCEPTATION
ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION**

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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 61462 a été établie par le comité d'études 36 de l'IEC: Isolateurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette nouvelle édition annule et remplace l'édition précédente parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) modifications des termes et définitions;
- b) modifications des procédures d'essai incluses dans l'IEC TR 62039 et l'IEC 62217 (essai de transfert d'hydrophobicité; essai de pénétration d'eau sur noyau avec revêtement);
- c) modification de l'Article 8 (essais de type) pour refléter la pratique courante et pour prendre également en compte les isolateurs à tube conique;
- d) modification de l'ordre des étapes de l'essai sur prélèvements mécanique (9.4) en choisissant l'essai d'étanchéité comme dernière étape;
- e) harmonisation du Tableau 3 (essais à réaliser après modifications de conception) avec d'autres normes de produit;
- f) ajout d'une nouvelle Annexe D informative: Schéma de principe descriptif des isolateurs creux;
- g) ajout d'une nouvelle Annexe E informative: Essais de type réalisés sur des isolateurs à tube conique.

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

Projet	Rapport de vote
36/567/FDIS	36/586/RVD

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

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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

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

Le comité a décidé que le contenu du présent 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,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Les isolateurs composites creux sont constitués d'un tube isolant supportant la charge mécanique protégé par un revêtement en élastomère; la charge mécanique est transmise au tube par l'intermédiaire de pièces d'extrémité métalliques. Malgré ces caractéristiques communes, les matériaux utilisés et les procédés de fabrication employés peuvent différer d'un fabricant à l'autre.

Des essais regroupés sous la dénomination "Essais de conception" sont réalisés une fois seulement pour les isolateurs de même conception et matériau. Les essais de conception sont réalisés de façon à éliminer des matériaux et des conceptions qui ne seraient pas adaptés aux applications à haute tension.

Les essais de conception correspondants de l'IEC 62217 sont appliqués aux isolateurs composites creux, des essais mécaniques spécifiques supplémentaires sont donnés dans le présent document. L'influence du temps sur les propriétés électriques et mécaniques de l'isolateur composite creux complet et ses constituants (matériaux du tube, du revêtement, interfaces, etc.) est prise en compte lors de la spécification des essais de conception de façon à assurer une durée de vie acceptable dans les conditions de service normal. Ces conditions peuvent dépendre également de l'équipement situé à l'intérieur ou à l'extérieur des isolateurs composites creux; cependant cet aspect n'est pas considéré dans le présent document. Il est possible que des méthodes d'essai non spécifiées dans le présent document soient envisagées pour des combinaisons particulières de matériaux ou des applications spécifiques et fassent l'objet d'un accord entre les fabricants et les utilisateurs. Dans le présent document, le terme "utilisateur" désigne en général le fabricant d'appareils utilisant des isolateurs composites creux.

Les isolateurs composites creux sont utilisés dans les applications en courant alternatif et les applications en courant continu. Avant que la norme appropriée pour les applications en courant continu soit publiée, la majorité des essais énumérés dans le présent document peuvent également s'appliquer aux isolateurs en courant continu. Malgré cela, le développement d'une procédure d'essai de résistance au cheminement et à l'érosion pour les applications en courant continu, en qualité d'essai de conception, est toujours à l'étude. Des informations sur la différence entre un essai d'érosion en courant alternatif et en courant continu pour un matériau peuvent être consultées dans la brochure technique 611 du Conseil International des Grands Réseaux Électriques (CIGRE). Pour le moment, l'essai de cheminement et d'érosion en courant alternatif de 1 000 h de l'IEC 62217 est utilisé pour établir une exigence minimale pour la résistance au cheminement et à l'érosion, à la fois en courant alternatif et en courant continu.

Le présent document fait la distinction entre les essais de conception et les essais de type puisqu'une conception et une combinaison de matériaux données peuvent être utilisées pour différents types d'isolateurs. Dans ce cas, les résultats des essais de conception peuvent être considérés valables pour les différents types d'isolateurs.

Les essais sous pollution, conformément à l'IEC 60507 ou à l'IEC 61245, ne sont pas couverts par le présent document car ils sont conçus pour des isolateurs non polymériques. Des essais sous pollution spécifiques aux isolateurs polymériques sont encore à l'étude.

Les caractéristiques mécaniques des isolateurs composites creux sont très différentes de celles des isolateurs creux en céramique. Des jauges de déformation sont utilisées afin de déterminer le début de détérioration mécanique des isolateurs composites creux soumis à des contraintes mécaniques.

Le présent document fait référence à plusieurs pressions caractéristiques qui sont utilisées pour la conception et les essais des isolateurs composites creux. L'expression "pression maximale de service (PMS)" est équivalente à l'expression "pression de conception" qui est utilisée pour d'autres normes dans le cas d'isolateurs céramiques creux; cependant cette expression n'est pas utilisée dans la présente norme afin d'éviter toute confusion avec le terme "conception" utilisé dans l'expression "essais de conception".

Des recommandations générales relatives à la conception et à la construction des isolateurs composites creux sont présentées à l'Annexe B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

**ISOLATEURS COMPOSITES CREUX –
ISOLATEURS AVEC OU SANS PRESSION INTERNE POUR UTILISATION
DANS DES APPAREILLAGES ÉLECTRIQUES DE TENSIONS
ALTERNATIVES ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 1 000 V ET DE TENSIONS
CONTINUES SUPÉRIEURES À 1 500 V –
DÉFINITIONS, MÉTHODES D'ESSAI, CRITÈRES D'ACCEPTATION
ET RECOMMANDATIONS DE CONCEPTION**

1 Domaine d'application

Le présent document, qui est une Norme internationale, s'applique aux isolateurs composites creux qui sont constitués d'un tube isolant supportant la charge mécanique. Constitué de fibres imprégnées de résine, protégé par un revêtement en élastomère (par exemple silicone ou éthylène-propylène) et de pièces métalliques fixées à ses extrémités (voir des exemples à la Figure D.1 et à la Figure D.2). Les isolateurs composites creux, tels qu'ils sont définis dans le présent document, sont destinés à une utilisation générale (sans pression interne) ou à une utilisation avec un gaz sous pression permanente (avec pression interne). Ils sont destinés à être utilisés à l'intérieur comme à l'extérieur dans des équipements électriques mettant en œuvre des courants alternatifs à une tension assignée supérieure à 1 000 V en courant alternatif et à une fréquence ne dépassant pas 100 Hz, ou dans des équipements en courant continu de tension assignée supérieure à 1 500 V en courant continu.

Le présent document a pour objet:

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

Les isolateurs creux sont intégrés à l'équipement électrique, qui est soumis à des essais de type électriques, selon ce qui est exigé par la norme applicable à l'équipement. La spécification d'essais de type diélectriques ne relève donc pas du domaine d'application du présent document, car les tensions de tenue et le comportement de contournement ne sont pas des caractéristiques de l'isolateur creux à proprement parler, mais de l'appareillage dont il forme un élément constitutif.

À l'exception de l'essai thermomécanique, tous les essais du présent document sont réalisés à température ambiante normale. Le présent document ne spécifie pas d'essais qui pourraient être caractéristiques de l'équipement dont l'isolateur forme un élément constitutif.

Les isolateurs composites creux sont destinés à être utilisés dans des équipements électriques tels que, entre autres:

- les disjoncteurs haute tension (HT);
- les interrupteurs-sectionneurs;
- les sectionneurs;
- les supports;
- les disjoncteurs-sectionneurs;
- les sectionneurs de terre;
- les transformateurs de mesures et de puissance;
- les traversées;
- les enveloppes des parafoudres;
- les extrémités de câble.

Des essais supplémentaires définis par la norme IEC relative à ces équipements peuvent être exigés.

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 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

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

IEC TR 62039, *Selection guidelines for polymeric materials for outdoor use under HV stress (disponible en anglais seulement)*

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

isolateur composite creux

isolateur constitué d'au moins deux parties isolantes, à savoir un tube et son revêtement extérieur

Note 1 à l'article: Le revêtement peut être constitué d'aillettes individuelles fixées sur le tube avec ou sans gaine intermédiaire, ou peut être directement appliqué en une seule ou plusieurs pièces sur le tube. Un isolateur composite creux est équipé en permanence de dispositifs de fixation, ou armatures d'extrémité.

3.2

tube (noyau)

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

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

Note 2 à l'article: Le tube est en général cylindrique ou conique mais peut avoir d'autres formes (par exemple: en tonneau). Le tube est fabriqué en fibres de verre imprégnées de résine.

Note 3 à l'article: Les fibres imprégnées de résine sont structurées de manière à atteindre une résistance mécanique suffisante. Des couches de fibres différentes peuvent être utilisées pour satisfaire à des exigences particulières.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-03, modifié - ajout de "tube" dans le terme, ajout de "interne" et de "composite creux" dans la définition, ajout des Notes 2 et 3 à l'article]

3.3

dispositif 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 normalement utilisée.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-06, modifié - ajout de "dispositif de fixation" dans le terme]

3.4

couplage

partie du dispositif de fixation qui transmet la charge au matériel externe à l'isolateur

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.14]

3.5

zone de connexion

zone où la charge mécanique est transmise entre le corps isolant et l'armature d'extrémité

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.13]

3.6

revêtement

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

Note 1 à l'article: Si une gaine intermédiaire est utilisée, elle fait partie intégrante du revêtement.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.7]

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-09, modifié - ajout de "creux", remplacement de "noyau" par "tube"]

3.7

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]

3.8

fût d'un isolateur

partie isolante centrale d'un isolateur située 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]

3.9

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

Note 1 à l'article: La surface de toute matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-04, modifié – suppression de la Note 2 à l'article]

3.10

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 aussi utilisé.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01, modifié - ajout de la Note 1 à l'article]

3.11

cheminement

processus qui forme une dégradation irréversible par formation de chemins conducteurs (pistes) débutant et se développant sur la surface d'un matériau isolant

Note 1 à l'article: Ces chemins sont conducteurs même dans des conditions sèches.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.15]

3.12

érosion

dégradation irréversible et non conductrice qui peut se produire à la surface de l'isolateur, par perte de matière. Elle peut être uniforme, localisée ou arborescente

Note 1 à l'article: Après un amorçage partiel, de légères traces superficielles, généralement arborescentes, peuvent apparaître sur des isolateurs composites comme sur des isolateurs en céramique. Tant qu'elles ne sont pas conductrices, ces traces ne sont pas préjudiciables. Lorsqu'elles sont conductrices, elles sont classées comme cheminement.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.16]

3.13

craquelure

toute fracture interne ou fissure superficielle de profondeur supérieure à 0,1 mm

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.17]

3.14

interface

surface de contact entre les différents matériaux

Note 1 à l'article: La plupart des isolateurs composites présentent plusieurs interfaces, à savoir:

- entre le revêtement et les armatures d'extrémité;
- entre les diverses parties du revêtement, par exemple entre les ailettes ou entre les ailettes et la gaine;
- entre le noyau et le revêtement.

[SOURCE: IEC 62217:2012, 3.11]

3.15**limite d'endommagement du tube sous contrainte mécanique**

limite, sous laquelle les charges mécaniques (pression, flexion) peuvent être appliquées, à température ambiante normale, sans apparition d'endommagements microscopiques sur les tubes en composite

Note 1 à l'article: Au-dessous de la limite d'endommagement, le tube est sollicité dans le domaine élastique réversible. Lorsque la limite d'endommagement est franchie, le tube est sollicité dans le domaine plastique irréversible, ce qui se traduit par un endommagement permanent du tube qui peut ne pas être visible à un niveau macroscopique (une définition plus précise est donnée à l'Annexe C).

3.16**charge mécanique maximale (CMM)**

charge de flexion la plus élevée susceptible d'être appliquée à l'isolateur creux dans les conditions de service de l'appareil dont il fait partie

Note 1 à l'article: La charge est spécifiée par le fabricant de l'appareil.

3.17**charge mécanique spécifiée (CMS)**

charge de flexion spécifiée par le fabricant, qui est utilisée pour les essais mécaniques et qui est validée lors d'un essai de type à température ambiante normale

Note 1 à l'article: La CMS constitue la base du choix des isolateurs composites creux par rapport aux charges externes.

3.18**flèche sous charge de flexion**

déplacement d'un point d'un isolateur, mesuré perpendiculairement à son axe, sous l'effet d'une charge appliquée perpendiculairement à cet axe

Note 1 à l'article: Les relations flèche/charge sont déterminées par le fabricant.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-05, modifié - ajout de la Note 1 à l'article]

3.19**charge de rupture**

charge correspondant à la rupture ultime de l'isolateur, charge maximale qui peut être atteinte lorsque l'isolateur est soumis à essai dans les conditions spécifiées (valable pour les essais de flexion ou de pression)

Note 1 à l'article: L'endommagement du tube peut se produire aux charges inférieures à la charge de rupture de l'isolateur.

3.20**flèche résiduelle**

différence entre la flèche initiale d'un isolateur creux avant l'application de la charge de flexion et la flèche finale obtenue après le relâchement de la charge

3.21**surpression**

pression supérieure à la pression ambiante à l'intérieur d'une enveloppe à surpression interne

[SOURCE: IEC 60050-426:2020, 426-09-16]

3.22**pression maximale de service (PMS)**

surpression interne maximale en conditions de service, spécifiée par le fabricant d'équipement

3.23

pression interne spécifiée (PIS)

surpression interne spécifiée par le fabricant d'équipement, qui est contrôlée par un essai de type réalisé à température ambiante normale

Note 1 à l'article: La PIS est spécifiée comme étant la limite de tenue à court terme de conception, en dessous de laquelle la structure de l'isolateur reste intacte, mais des endommagements peuvent déjà survenir. Elle peut être supérieure à 4 fois la valeur de la PMS.

3.24

isolateur avec pression interne

isolateur rempli en permanence de gaz ou de liquide, dont la pression maximale de service est supérieure à une surpression de 0,05 MPa

3.25

isolateur sans pression interne

isolateur rempli en permanence de gaz ou de liquide, dont la pression maximale de service est inférieure ou égale à une surpression de 0,05 MPa

3.26

température spécifiée

températures maximale et/ou minimale admises pour l'isolateur composite creux

Note 1 à l'article: La température spécifiée est spécifiée par le fabricant.

3.27

fabricant

personne ou organisation produisant les isolateurs composites creux

3.28

fabricant d'équipement

personne ou organisation produisant l'équipement électrique dans lequel les isolateurs composites creux sont utilisés

3.29

lot

groupe d'isolateurs offert pour acceptation en provenance d'un même fabricant, d'une même conception et fabriqué selon les mêmes conditions de production

Note 1 à l'article: Un ou plusieurs lots peuvent être offerts pour acceptation; le ou les lots offerts peuvent être constitués de tout ou partie de la quantité commandée.

[SOURCE: IEC 62155:2003, 3.22, modifié - suppression de "creux" et de "corps isolants creux"]

4 Relations entre les charges mécaniques

4.1 Charges appliquées à l'extérieur de l'isolateur

Le Tableau 1 énumère les charges mécaniques appliquées à l'isolateur.

Tableau 1 – Charges mécaniques appliquées à l'isolateur

Charge	Relation	Le tube est en:
Charge mécanique maximale (CMM), à savoir la charge spécifiée par le fabricant d'équipement	$= 1,0 \times \text{CMM}$	domaine élastique réversible
$1,5 \times$ charge mécanique maximale (CMM), à savoir la charge appliquée lors de l'essai sur prélèvements et l'essai de type	$= 1,5 \times \text{CMM}$	domaine élastique réversible
Limite d'endommagement	$> 1,5 \times \text{CMM}$	domaine élastique réversible
Essai de type avec la CMS en flexion	$= 2,5 \times \text{CMM}$	domaine plastique irréversible
Charge de rupture en flexion	$> 2,5 \times \text{CMM}$	domaine plastique irréversible

Une vue d'ensemble des différentes charges est représentée à la Figure B.1.

4.2 Pressions

Le Tableau 2 énumère les pressions appliquées à l'isolateur.

Tableau 2 – Pressions appliquées à l'isolateur

Pression	Relation	Le tube est en:
Pression maximale de service (PMS), à savoir la pression spécifiée par le fabricant d'équipement	$= 1,0 \times \text{PMS}$	domaine élastique réversible
Pression d'essai individuel de série	$= 2,0 \times \text{PMS}$	domaine élastique réversible
Limite d'endommagement	$> 2,0 \times \text{PMS}$	domaine élastique réversible
Pression d'essai de type	$= 4,0 \times \text{PMS}$	domaine plastique irréversible
Pression interne spécifiée (PIS), à savoir la pression d'un essai de type supplémentaire/facultatif spécifié par le fabricant d'équipement	$> 4,0 \times \text{PMS}$	domaine plastique irréversible

Une vue d'ensemble des différentes pressions est représentée à la Figure B.2.

5 Marquage

Chaque isolateur creux doit être marqué avec le nom ou la marque commerciale du fabricant et l'année de fabrication. De plus, chaque isolateur creux doit porter la marque du type et le numéro de série pour en permettre l'identification. Ces marquages doivent être lisibles et indélébiles.

6 Classification des essais

6.1 Généralités

Les essais sont divisés en quatre groupes, répartis comme suit.

6.2 Essais de conception

Ces essais ont pour but de vérifier que la conception, les matériaux, la formulation et la technologie de fabrication sont appropriés.

Une conception d'isolateur composite creux est définie par:

- les matériaux, la formulation et la conception du tube, le revêtement et la méthode de fabrication;
- le matériau des armatures d'extrémité, leur conception et la méthode de fixation;
- l'épaisseur du revêtement recouvrant le tube (y compris la gaine, le cas échéant).

En cas de modification de la conception, une requalification doit être effectuée conformément au Tableau 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61462:2023

Tableau 3 – Essais à réaliser après les modifications de conception

SI la modification de la conception de l'isolateur concerne:		ALORS, les essais suivants doivent être répétés: a)									
		Essais de conception									Essais de type
		IEC 61462: 2023, 7.2	IEC 61462:2023, 7.3					IEC 61462:2023, 7.4	IEC 61462: 2023, 7.5	IEC 61462 :2023, 8	
			Essais du matériau des ailettes et du revêtement					Essais sur le matériau du tube	Essais sur le tube avec revêtement		
		Interfaces et connexions des armatures d'extrémité	Essai de dureté	Essai climatique accéléré	Essai de cheminement et d'érosion	Essai d' inflammabilité	Essai de transfert d'hydrophobicité	Essai de porosité (essai de pénétration de colorant)	Essai de pénétration d'eau	Essai de pénétration d'eau sur noyau avec revêtement	Essais de type mécaniques
1	Revêtement										
1a	Matériaux, formulation ou procédé de fabrication ¹	X	X ^{d)}	X ^{d)}	X	X ^{d)}	X ^{e)}			X ^{a)}	
1b	Processus d'assemblage ²	X ^{c)}			X						
1c	Profil				X ^{b)}						
2	Tube										
2a	Matériau, formulation ou procédé de fabrication ³	X						X	X	X ^{a)}	X
2b	Conception ⁴							X	X		X
3	Armature d'extrémité										
3a	Matériau ou processus d'assemblage	X									X
3b	Conception de la zone de connexion des armatures d'extrémité	X									X
3c	Type de couplage										X
4	Interface										
4a	Primaire utilisé et méthode d'application	X								X ^{a)}	
4b	Processus d'assemblage du tube et des armatures d'extrémité ⁵	X									X
4c	Conception de l'interface tube-revêtement-armature d'extrémité ⁵	X			X						

Explications des renvois a) à e): Informations supplémentaires pour les modifications spécifiques nécessitant de réaliser des essais	a) Non nécessaire s'il peut être démontré que la modification n'a pas d'influence sur la propriété à l'étude dans l'essai; des essais de matériaux peuvent être utilisés pour démontrer l'équivalence. b) Non nécessaire si l'épaisseur du revêtement qui entoure le noyau (comprenant la gaine, le cas échéant) est supérieure ou égale à celle de l'isolateur parent. Les valeurs relatives de tolérance suivantes sont données à titre de référence, et ne constituent pas une modification du profil: – projection: $\pm 10\%$ – épaisseur à la base et à l'extrémité: $\pm 15\%$ – espacement: $\pm 15\%$ – inclinaisons des ailettes: $\pm 3^\circ$ – répétition des ailettes: identique. Ces tolérances relativement réduites constituent des références, mais entraînent toutefois une demande élevée en essais, en raison de la diversité de profils existants actuellement. En variante, un accord technique passé entre le fabricant et l'utilisateur, conformément au paragraphe 9.1, est possible si l'équivalence du profil évalué dans l'essai de cheminement et d'érosion, avec le profil en question, peut être démontrée. Une méthode possible est l'interpolation des résultats avec différents profils. c) Non nécessaire s'il peut être démontré que la modification n'a pas d'influence sur la propriété à l'étude dans l'essai. d) Non nécessaire pour une modification du procédé de fabrication sans modification de matériaux e) Applicable aux matériaux devant présenter cette propriété
Explications des renvois ¹ à ⁷: Explication technique des composants des isolateurs composites creux	¹ Procédé de fabrication du revêtement: Méthode générale de fabrication, telle que le moulage par injection, un processus modulaire, etc. ² Processus d'assemblage du revêtement: Lorsque les ailettes et la gaine sont montées séparément sur le tube, comprenant le type et la méthode utilisés pour assurer la liaison ailettes/gaine ³ Méthode de fabrication du tube: pultrusion, enroulement filamenteux imprégné, imprégnation sous vide, comprenant la préparation des surfaces ⁴ Angle d'enroulement, géométrie (8.1), jonction adhésive (colle) dans les tubes assemblés ou voile interne (le cas échéant, inapplicable aux essais de type). ⁵ Voir l'Annexe D pour plus d'explications

6.3 Essais de type

Les essais de type ont pour but de vérifier les caractéristiques mécaniques d'un isolateur composite creux, qui dépendent principalement du tube et des armatures d'extrémité. Les essais de type doivent être appliqués aux isolateurs composites creux dont la classe a satisfait aux essais de conception. Les essais de type ne doivent être répétés que lorsque le type, le matériau ou le procédé de fabrication de l'isolateur composite creux est modifié, conformément au Tableau 3.

6.4 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements ont pour but de vérifier les caractéristiques des isolateurs composites creux, qui dépendent de la qualité de fabrication et des matériaux mis en œuvre. Ils doivent être réalisés sur des isolateurs pris au hasard dans les lots.

6.5 Essais individuels de série

Les essais individuels de série ont pour but d'éliminer les isolateurs composites creux présentant des défauts de fabrication.

7 Essais de conception

7.1 Généralités

Ces essais sont constitués de quatre parties comme décrit en 7.2, 7.3, 7.4 et 7.5 (facultatif). Les essais de conception ne doivent être réalisés qu'une seule fois et leurs résultats sont consignés dans un rapport d'essai. Chaque essai peut être réalisé indépendamment, sur de nouveaux spécimens, le cas échéant. Un isolateur composite creux d'une certaine conception ne doit être considéré comme qualifié que lorsque tous les isolateurs ou spécimens ont satisfait, dans la séquence prévue, aux essais de conception définis en 7.2, 7.3, 7.4 et 7.5 (facultatif).

Tous les essais de conception, à l'exception de l'essai thermomécanique, sont réalisés à température ambiante normale.

Des températures extrêmes de service peuvent affecter le comportement mécanique des isolateurs composites.

En l'absence à l'heure actuelle d'une règle générale pour définir des températures d'isolateur "extrêmement hautes ou basses", il convient que le fournisseur spécifie toujours les limites de température de service. Lorsque les isolateurs sont soumis à de très hautes ou très basses températures pendant de longues durées, il est recommandé que le fabricant et l'utilisateur conviennent d'un essai mécanique à des températures supérieures ou inférieures à celles mentionnées dans le présent document.

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

7.2.1 Généralités

Voir l'IEC 62217.

Ces essais doivent être réalisés sur le même spécimen, selon la séquence indiquée. Le présent document n'utilise pas de spécimen de référence indépendant pour ces essais.

7.2.2 Spécimen

Le spécimen soumis à essai doit être un isolateur creux assemblé sur la chaîne de production. Le diamètre intérieur du tube doit être d'au moins 100 mm et l'épaisseur de sa paroi doit être d'au moins 3 mm. La longueur d'isolement (espacement entre pièces métalliques) doit être au moins égale à trois fois le diamètre intérieur du tube et d'au moins 800 mm. Les méthodes de fixation et d'étanchéité des deux armatures d'extrémité doivent être les mêmes que sur les isolateurs de production normaux. L'isolateur creux doit être soumis aux essais individuels de série (voir l'Article 10) avant les essais de conception.

Le fabricant doit définir la CMM, la CMS, la PMS et la PIS prévues pour le spécimen.

7.2.3 Essai de référence de tenue à la décharge disruptive à fréquence industrielle à sec

Voir l'IEC 62217.

Des moyens doivent être déployés pour éviter le contournement interne, en procédant à un remplissage à l'aide d'un milieu isolant approprié (par exemple un gaz ou un liquide isolant). En variante, la tension de contournement peut aussi être mesurée en divisant la distance d'arc en plusieurs parties aussi égales que possible à l'aide d'électrodes extérieures supplémentaires.

7.2.4 Essai de précontrainte thermomécanique

Le spécimen est soumis séquentiellement à une charge mécanique permanente dans quatre directions, accompagnée de variations de température.

Les variations de température sont constituées de deux cycles de chauffage et de deux cycles de refroidissement. La durée de chaque cycle ne doit pas être inférieure à 24 h et ne doit pas être supérieure à 48 h (voir la Figure 1).

La période froide doit correspondre à une température inférieure d'au moins 85 K à celle réellement appliquée pendant la période chaude. Cependant, la température minimale dans la période froide ne doit pas être inférieure à $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Chacune des deux températures de la période chaude et de la période froide doit être appliquée et maintenue pendant au moins 33 % du temps de cycle choisi.

La charge appliquée au spécimen correspond à $0,5 \times \text{CMS} \pm 5\%$.

La charge doit être appliquée perpendiculairement à l'axe de l'isolateur, soit à l'extrémité libre de l'isolateur (voir la Figure 2), soit à une certaine distance de l'extrémité libre si des raisons particulières l'imposent. Lorsque la charge n'est pas appliquée directement à l'armature d'extrémité, cette charge doit être ajustée pour créer le même moment de flexion à la base de l'isolateur.

La direction de la charge de flexion appliquée au spécimen est modifiée quatre fois en accord avec la durée d'application des niveaux de température et les intervalles de temps correspondants, décrits à la Figure 1 et à la Figure 2.

L'essai peut être interrompu à des fins d'entretien de l'équipement d'essai pour une durée totale de 4 h. Le point de départ après une interruption est le début du cycle interrompu.

NOTE Les valeurs de température et de charges ne sont pas destinées à représenter les conditions de service, mais à obtenir des contraintes spécifiques et reproductibles dans les interfaces de l'isolateur.

7.2.5 Essai de précontrainte par immersion dans l'eau

Voir l'IEC 62217.

Les extrémités du spécimen peuvent être fermées et reliées à la pression atmosphérique.

7.2.6 Essais de vérification

7.2.6.1 Examen visuel

Voir l'IEC 62217.

7.2.6.2 Essais sous onde de choc à front raide

Voir l'IEC 62217.

7.2.6.3 Essai sous tension à fréquence industrielle à sec

Voir l'IEC 62217.

7.2.6.4 Essai de pression interne

7.2.6.4.1 Généralités

Cet essai ne s'applique pas aux isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression interne.

Le spécimen doit être soumis à la pression interne en deux paliers.

Pour des raisons de sécurité, le spécimen doit être soumis, avant de démarrer l'essai, à une pression interne de $2,0 \times \text{PMS}$ pendant 5 min à la température ambiante normale, conformément à la procédure définie en 10.4 (essai individuel de pression).

7.2.6.4.2 Phase 1: essai d'étanchéité sous pression de gaz

7.2.6.4.2.1 Procédure

La méthode de l'essai d'étanchéité doit présenter la sensibilité exigée par les critères d'acceptation. L'essai peut être réalisé en disposant le spécimen dans une enceinte présentant le plus petit volume possible, voir la Figure 3. Une pression interne de gaz de $1,0 \times \text{PMS}$ par rapport à l'enceinte environnante doit être appliquée en utilisant le gaz approprié comme contenu pressurisé.

La pression interne doit être maintenue pendant une durée suffisante pour atteindre la précision attendue, permettant la détection de fuite. Les fuites de gaz du spécimen dans l'enceinte environnante doivent être mesurées à l'aide d'un détecteur de fuites adapté à la précision exigée. Le taux de fuite doit être donné en pourcentage de fraction massique gazeuse interne du spécimen par an.

7.2.6.4.2.2 Critère d'acceptation

L'essai est satisfaisant si le taux de fuite n'est pas supérieur à la fraction massique de 0,5 % de la masse gazeuse interne du spécimen à la PMS par an.

NOTE Des recommandations sur les mesures de taux de fuite peuvent être consultées dans l'IEC 60068-2-17, essai Qm, méthode d'essai 1.

7.2.6.4.3 Phase 2: essai d'étanchéité sous pression d'eau

7.2.6.4.3.1 Procédure

La pression interne doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups de zéro à $4,0 \times \text{PMS}$, et maintenue à température ambiante normale pendant 5 min. La pression interne doit être obtenue en utilisant de l'eau. Des consignes de sécurité particulières doivent être appliquées pour effectuer cet examen.

7.2.6.4.3.2 Critère d'acceptation

L'essai est satisfaisant si, après 5 min, il n'y a pas rupture du spécimen ou de fuite aux interstices A et B, comme représenté à la Figure 4, ni au niveau du tube à proprement parler.

7.3 Essais du matériau des ailettes et du revêtement

7.3.1 Essai de dureté

Voir l'IEC 62217.

7.3.2 Essai climatique accéléré

Voir l'IEC 62217.

7.3.3 Essai de cheminement et d'érosion - Essai de tension en courant alternatif de brouillard salin de 1000 h

Voir l'IEC 62217.

7.3.4 Essai d'inflammabilité

Voir l'IEC 62217.

7.3.5 Essai de transfert d'hydrophobicité

Voir IEC TR 62039.

7.4 Essais sur le matériau du tube

7.4.1 Généralités

Voir l'IEC 62217 (Essais sur le matériau du noyau).

Ces essais doivent être réalisés sur des spécimens avec ou sans matériau de revêtement.

7.4.2 Essai de porosité (essai de pénétration de colorant)

Voir l'IEC 62217.

7.4.3 Essai de pénétration d'eau

Voir l'IEC 62217.

7.5 Essai de pénétration d'eau sur noyau avec revêtement

Voir l'IEC 62217.

8 Essais de type (essais mécaniques seulement)

8.1 Généralités

Les essais de type comportent un essai de pression, uniquement pour les isolateurs avec pression interne, et un essai de flexion.

Un type d'isolateur composite creux est défini sur le plan mécanique par:

- conception (voir 6.1);
- une géométrie:
 - un ou des diamètres internes de tube, une ou des épaisseurs de paroi de tube;
 - La longueur de l'isolateur ne définit le type que si les exigences de longueur de 8.2 ne sont pas satisfaites.

Pour établir la résistance mécanique de l'isolateur, la limite au sein du tube entre domaine réversible et domaine irréversible (voir l'Annexe C) doit être vérifiée par des essais réalisés à la température ambiante normale.

Les isolateurs composites creux utilisés pour les essais de type ne doivent pas être utilisés en service.

Les charges de flexion doivent être appliquées perpendiculairement à l'axe de l'isolateur, soit directement au niveau du plan extrême de l'isolateur (voir la Figure 2), soit à une certaine distance du plan extrême de l'armature d'extrémité supérieure de l'isolateur, si des circonstances spécifiques l'imposent. Lorsque la charge n'est pas appliquée directement à l'armature d'extrémité, cette charge doit être ajustée pour créer le même moment de flexion à la base de l'isolateur.

8.2 Spécimens

Le ou les spécimens doivent être soit des isolateurs complets, soit des isolateurs du même type et qui satisfont aux exigences ci-après.

Longueur minimale entre brides (entre pièces métalliques):

- a) pour l'essai de pression interne: 2 fois le diamètre interne;
- b) pour l'essai de flexion: 4 fois le diamètre interne; la charge appliquée sur le spécimen doit être ajustée à la longueur de l'isolateur afin d'obtenir la contrainte exigée, correspondant au type d'isolateur.

Les spécimens doivent être fabriqués sur la chaîne de production. Les armatures d'extrémité doivent être identiques à celles utilisées sur les isolateurs de la chaîne de production. Les spécimens retenus pour les essais doivent être soit avec, soit sans revêtement. Dans le cas d'utilisation de spécimens sans revêtement, le cycle thermique du procédé d'application du revêtement doit être appliqué au tube avant les essais.

De plus, dans le cas d'un type d'isolateur dont le tube est de forme conique, composé de deux parties cylindriques situées de chaque côté d'une partie conique, il est nécessaire que le fabricant et l'utilisateur conviennent de la longueur minimale, $l_{\min}$, des parties cylindriques les plus sollicitées par l'objet de l'essai. L'expression ci-après, issue de l'Annexe E, peut être utilisée comme point de départ prudent:

$$l_{\min} \geq 5\sqrt{d_m t}$$

où d_m et t désignent respectivement le diamètre de la surface médiane, de section cylindrique, et l'épaisseur du tube.

Un essai de type sur un isolateur à tube conique est valide pour de tels isolateurs à tube conique de même type et de longueurs différentes (plus courts ou plus longs), sous réserve que l'emplacement des contraintes maximales exercées sur le tube soit identique et que l'amplitude des contraintes maximales exercées sur le tube soit inférieure ou égale à l'amplitude des contraintes exercées sur le spécimen; voir la représentation de la flexion à l'Annexe E.

De la même manière, un essai de type sur un isolateur dont le tube est assemblé par des jonctions adhésives (colle) est valide pour de tels isolateurs de même type et de longueurs différentes (plus courts ou plus longs), sous réserve que les contraintes maximales exercées sur les jonctions adhésives soient inférieures ou égales à celles exercées sur le spécimen.

8.3 Préparation du spécimen

Un spécimen doit être soumis à un essai de pression interne, l'autre à un essai de flexion, conformément respectivement à 8.4.1 et 8.5.1 (voir la Figure C.1). Chaque spécimen doit être équipé de deux jauges de déformation (par exemple allongement final supérieur ou égal à 2 %, résistance supérieure ou égale à 120 Ω et longueur inférieure ou égale à 12 mm). Le revêtement, s'il existe, doit être retiré localement pour permettre de fixer les jauges sur la surface extérieure du tube.

Il convient de mesurer chacune des jauges de déformation dans un circuit en pont indépendant, et il convient de procéder à la lecture et à l'appréciation du résultat de mesure indépendamment pour chaque jauge de déformation.

Il convient d'appliquer les critères d'acceptation de la norme indépendamment pour chaque jauge de déformation.

a) pour l'essai de pression interne:

Pour cet essai, les jauges de déformation doivent être placées:

- à l'extérieur, sur le tube;
- avec une jauge parallèle et l'autre perpendiculaire à l'axe du tube;
- à mi-distance entre les armatures d'extrémité. Pour les tubes coniques, les jauges doivent être fixées là où la contrainte maximale est prévue, voir les recommandations données à la NOTE 2.

Le spécimen doit être placé en position verticale, si possible. Les extrémités du spécimen doivent être équipées de couvercles étanches adaptés. Le contenu pressurisé doit être un gaz ou un liquide, et ne doit affecter le tube d'aucune manière autre que mécanique.

NOTE 1 Dans le cas où elle n'est pas soumise à essai en position verticale, la masse du contenu pressurisé et de l'isolateur à proprement parler a une influence sur la contrainte appliquée au tube.

NOTE 2 Une simulation des contraintes ou une détermination expérimentale peuvent être utilisées pour trouver l'endroit où la contrainte est maximale afin de positionner les jauges de façon optimale. Cependant, un simple calcul analytique peut conduire à des résultats erronés.

b) pour l'essai de flexion:

Pour cet essai, les jauges de déformation doivent être placées:

- à l'extérieur, sur le tube;
- parallèlement à l'axe du tube;
- soit près de l'armature fixée au sol, dont le centre se situe généralement à 30 mm du bord de l'armature, soit là où les contraintes maximales sont prévues, voir la représentation donnée à l'Annexe E et la NOTE 3 pour des recommandations;
- dans le plan de la force de flexion, l'une diamétralement opposée à l'autre.

NOTE 3 Une simulation des contraintes ou une détermination expérimentale peuvent être utilisées pour trouver l'endroit où la contrainte est maximale afin de positionner les jauges de façon optimale. Cependant, un simple calcul analytique peut conduire à des résultats erronés.

Le spécimen doit être placé en position verticale, si possible. Dans le cas contraire, le poids de l'isolateur doit être pris en compte dans le calcul de la charge de flexion à appliquer à l'isolateur pendant l'essai de flexion. En position horizontale, la charge de flexion doit alors être réduite (lors d'une flexion vers le bas) ou augmentée (lors d'une flexion vers le haut) de $F = m \cdot g \cdot l / L$, où m désigne la masse totale de l'isolateur, l la distance par rapport au centre d'inertie et L la longueur totale de l'isolateur.

Une des armatures d'extrémité du spécimen doit être maintenue rigidement. La direction de la force de flexion, appliquée à l'autre armature d'extrémité, doit être approximativement perpendiculaire à l'axe du spécimen. La force de flexion doit être appliquée à cette armature d'extrémité, ou aussi près que possible de celle-ci, de façon à ce que le point d'application ne change pas.

La flèche doit être mesurée pendant l'essai au moyen de dispositifs appropriés, qui n'interfèrent pas sur la charge de flexion appliquée.

8.4 Essai de pression interne

8.4.1 Généralités

Un spécimen est soumis à un essai de pression interne. Cet essai est réalisé en deux ou trois phases, le cas échéant. Il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression interne. Le contenu pressurisé doit être maintenu à l'intérieur du tube durant les trois phases, ainsi que durant l'étalonnage (point zéro) des jauges.

8.4.2 Procédure d'essai

8.4.2.1 Phase 1: essai à $2,0 \times \text{PMS}$

La pression interne doit être augmentée rapidement mais sans à-coups de zéro à $2,0 \times \text{PMS}$ à la température ambiante normale. Lorsque la pression de $2,0 \times \text{PMS}$ est atteinte, la pression doit être maintenue pendant 5 min, puis diminuée graduellement. La mesure des déformations résiduelles doit être faite au moins 5 min après dépressurisation.

8.4.2.2 Phase 2: essai à $4,0 \times \text{PMS}$

Après l'essai précédent, une pression de $4,0 \times \text{PMS}$ doit être appliquée pendant au moins 5 min. La pression doit être ensuite diminuée graduellement.

8.4.2.3 Phase 3: essai à un niveau de pression interne spécifié (si $\text{PIS} > 4,0 \times \text{PMS}$)

Si le fabricant d'équipement spécifie une $\text{PIS} > 4,0 \times \text{PMS}$, alors la procédure de la Phase 2 doit être utilisée et la PIS est appliquée pendant 5 min. Tous les résultats doivent être notés.

8.4.3 Critères d'acceptation

8.4.3.1 Phase 1: essai à $2,0 \times \text{PMS}$

Le tube doit se trouver dans le même état avant et après application de la pression. Les déformations résiduelles ne doivent pas dépasser $\pm 5\%$ de la déformation maximale, évaluée sur la jauge de déformation avec la valeur de contrainte maximale. Il doit en être déduit qu'il n'y a pas eu d'endommagement (voir l'Annexe C).

8.4.3.2 Phase 2: essai à $4,0 \times \text{PMS}$

Après application de la pression, des déformations résiduelles supérieures à $\pm 5\%$ de la déformation maximale sont admises (voir l'Annexe C), mais l'absence de dommages visibles doit être établie.

8.4.3.3 Phase 3: essai à un niveau de pression interne spécifié

Des dommages visibles tels que des délaminations au niveau du tube peuvent survenir et sont autorisés, mais aucune destruction, telle qu'un arrachement de la bride ou une rupture de la bride, n'est admise.

8.5 Essai de flexion

8.5.1 Généralités

Un spécimen est soumis à un essai de flexion qui est réalisé en trois, voire quatre, étapes. Le dispositif de mesure de la flèche et les lectures des jauges de déformation doivent être remis à zéro juste avant les essais de la phase 1.

8.5.2 Procédure d'essai

8.5.2.1 Phase 1: essai à la charge mécanique maximale

La charge de flexion doit être augmentée graduellement de zéro à la CMM dans un délai maximal de 30 s. Une fois atteinte, la CMM doit être maintenue pendant au moins 30 s. Pendant ce temps, la flèche de l'armature d'extrémité doit être mesurée. La charge de flexion doit être complètement relâchée et la flèche résiduelle, mesurée 5 min après la suppression de la charge, doit être consignée.

8.5.2.2 Phase 2: essai à $1,5 \times$ la charge mécanique maximale

La charge de flexion doit de nouveau être augmentée graduellement jusqu'à $1,5 \times$ CMM dans un délai maximal de 30 s et doit être maintenue à cette valeur pendant au moins 60 s. Pendant ce temps, la flèche de l'armature d'extrémité doit être mesurée. La charge doit alors être relâchée graduellement et la flèche résiduelle, mesurée au moins 5 min après la suppression de la charge, doit être consignée.

8.5.2.3 Phase 3: essai à $2,5 \times$ la charge mécanique maximale

À la suite de la phase 2, la charge de flexion doit être de nouveau appliquée. Elle doit être appliquée graduellement de 0 à $2,5 \times$ CMM dans un délai maximal de 90 s et doit être maintenue à cette valeur pendant au moins 60 s. La charge doit alors être relâchée graduellement.

Après application de la charge, l'absence de dommages visibles doit être établie (voir l'Annexe C). Les mesures de la flèche résiduelle ainsi que des déformations résiduelles, bien qu'intéressantes, ne sont pas nécessaires à cette phase.

8.5.2.4 Phase 4: essai à la rupture (facultatif)

Afin d'obtenir plus d'informations, la charge peut être augmentée jusqu'à la rupture de l'isolateur. La valeur de la charge de rupture et le mode de rupture doivent être consignés.

8.5.3 Critères d'acceptation

8.5.3.1 Phase 1: essai à la charge mécanique maximale

L'essai est satisfaisant si:

- il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube;
- aucun dommage visible n'est observé sur les armatures d'extrémité;
- la flèche mesurée ne dépasse pas la valeur stipulée par le fabricant;
- la flèche résiduelle ne dépasse pas la valeur convenue le cas échéant entre le fabricant et l'utilisateur.

8.5.3.2 Phase 2: essai à $1,5 \times$ la charge mécanique maximale

L'essai est satisfaisant si:

- il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube;
- aucun dommage visible n'est observé sur les armatures d'extrémité;
- après application de la charge, les valeurs des déformations résiduelles restent cantonnées à $\pm 5 \%$ de la déformation maximale; et si l'absence de dommages visibles sur le tube est établie (voir l'Annexe C);
- la flèche mesurée ne dépasse pas la valeur stipulée par le fabricant;
- la flèche résiduelle ne dépasse pas la valeur convenue le cas échéant entre le fabricant et l'utilisateur.

8.5.3.3 Phase 3: essai à $2,5 \times$ la charge mécanique maximale

L'essai est satisfaisant s'il ne s'est produit ni fracture ni descellement du tube.

9 Essais sur prélèvements

9.1 Choix des isolateurs et nombre d'isolateurs

Les essais sont réalisés sur un certain nombre d'isolateurs composites creux pris au hasard dans un lot de pièces ayant subi avec succès les essais individuels de série décrits en 10.1. Sauf spécification contraire, le nombre d'échantillons doit être conforme au Tableau 4.

Tableau 4 – Tailles d'échantillon

Nombre (n) d'isolateurs creux formant le lot	Nombre d'isolateurs creux à prendre pour l'essai sur prélèvements
12 ou moins	Aucun, sous réserve que des essais aient déjà été réalisés sur des isolateurs creux du même type et que le rapport d'essai ait été approuvé par l'acheteur. Un, en l'absence de rapport d'essai disponible.
13 à 100	Un
101 à 200	Deux
201 à 300	Trois
301 à 500	Quatre
501 ou plus	Le nombre entier égal ou immédiatement supérieur à $4 + \frac{1,5 n}{1000}$

Si les essais sont non destructifs, l'isolateur ou les isolateurs soumis à essai peuvent être remis dans le lot et utilisés en service.

9.2 Essais

Les isolateurs du prélèvement doivent subir les séquences d'essais suivantes:

- vérification des dimensions (9.3);
- essais mécaniques (9.4);
- essai de galvanisation, le cas échéant (9.5).

9.3 Vérification des dimensions

9.3.1 Procédure d'essai

Les dimensions de chaque isolateur du prélèvement doivent correspondre aux valeurs représentées sur les plans et respecter les tolérances spécifiées de géométrie, de forme et de position.

Sauf spécification contraire, les tolérances données à l'Annexe A doivent être utilisées.

Pour d'autres dimensions d représentées sur les plans sans tolérances, les tolérances suivantes sont acceptables:

$\pm(0,04 \times d + 1,5)$ mm lorsque $d \leq 300$ mm;

$\pm(0,025 \times d + 6)$ mm lorsque $d > 300$ mm avec une tolérance maximale de 50 mm.

Le plan peut indiquer les points entre lesquels la ligne de fuite est spécifiée.

La mesure de la ligne de fuite doit être liée aux dimensions de conception déterminées à partir du plan de l'isolateur, même si cette dimension peut être supérieure à la valeur spécifiée à l'origine par l'acheteur. Lorsque la ligne de fuite est spécifiée comme une valeur minimale, la tolérance négative est nulle.

Dans le cas d'isolateurs avec une ligne de fuite supérieure à 3 m, il est admis de mesurer une petite section (environ 1 m de longueur) de l'isolateur, puis de procéder par extrapolation.

9.3.2 Critères d'acceptation

Les échantillons satisfont à ces essais si:

- les dimensions de l'isolateur sont conformes au plan.

9.4 Essais mécaniques

9.4.1 Généralités

Chaque isolateur du prélèvement doit être soumis à l'essai suivant, qui se décompose en trois phases, à la température ambiante normale.

9.4.2 Procédure d'essai

9.4.2.1 Phase 1: essai à $1,5 \times$ la charge mécanique maximale

L'isolateur est soumis à des charges de flexion séquentielles à température ambiante normale, selon les directions représentées à la Figure 2. La charge de flexion doit être augmentée rapidement mais graduellement de zéro à $1,5 \times$ CMM. Si la charge de $1,5 \times$ CMM est atteinte en moins de 90 s, la charge doit être maintenue au moins jusqu'à ce que la durée de 90 s soit écoulée. Pendant ce temps, la flèche doit être mesurée. La charge est ensuite complètement relâchée et la charge résiduelle est consignée.

9.4.2.2 Phase 2: essai à $2,0 \times$ PMS

Ce même isolateur est ensuite soumis à une pression interne. La pression interne doit être augmentée rapidement mais graduellement de la pression atmosphérique ambiante à $2,0 \times$ PMS. Cette pression interne doit être maintenue pendant au moins 5 min.

Il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai sur des isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression interne.

9.4.2.3 Phase 3: essai d'étanchéité

Le cas échéant, le même isolateur est alors soumis à un essai d'étanchéité à la pression maximale de service (PMS) (voir 10.5).

9.4.3 Critères d'acceptation

Les échantillons satisfont à ces essais si:

- aucune fracture ni descellement du tube, ni aucune fracture d'une armature d'extrémité ne se produit;
- les flèches ne dépassent pas le niveau prédéterminé par le fabricant;
- la longueur, la concentricité et le parallélisme sont conformes au plan;
- l'essai d'étanchéité est satisfaisant, le cas échéant.

Tout isolateur qui remplit les critères d'acceptation peut être remis dans le lot.

9.5 Vérification de la galvanisation

Cet essai doit être réalisé sur toutes les parties galvanisées conformément à l'IEC 62155, lorsque des brides galvanisées sont utilisées.

9.6 Procédure de contre-essai

Le choix d'une des deux procédures de contre-essai dépend de l'essai pour lequel l'isolateur composite creux n'a pas satisfait aux exigences. Le Tableau 5 permet de choisir la procédure de contre-essai à appliquer.

Tableau 5 – Choix de la procédure de contre-essai

Essai dont les exigences n'ont pas été satisfaites:	Procédure de contre-essai à appliquer
Vérification des dimensions (9.3)	A, sur la ou les dimensions non conformes
Essais mécaniques (9.4)	B
Essai de galvanisation, le cas échéant (9.5)	B

a) Procédure de contre-essai A

Si au moins un isolateur composite creux ne satisfait pas aux exigences précédentes, un accord doit être trouvé entre le fabricant et l'acheteur pour reprendre chacun des isolateurs composites creux composant le lot et réexaminer le ou les points non conformes aux exigences. Tout isolateur qui ne satisfait pas à ces exigences doit être rejeté.

b) Procédure de contre-essai B

Si un seul isolateur creux ne satisfait pas à un de ces essais, l'essai en question doit être répété sur une taille d'échantillon correspondant au double du premier échantillon. Si, durant ce nouvel essai, un ou plusieurs résultats sont non satisfaisants, tout le lot doit être rejeté.

10 Essais individuels

10.1 Généralités

Les essais individuels de série dépendent de l'application et se composent des essais suivants, à réaliser selon cet ordre recommandé:

- essai mécanique individuel (10.3);
- essai individuel de pression (10.4);
- essai individuel d'étanchéité (10.5).

L'examen visuel (10.2) peut être effectué avant ou après les essais mécaniques.

10.2 Examen visuel

L'examen doit être fait sur chaque isolateur. Le montage des parties métalliques sur l'isolateur doit être conforme aux plans. La couleur de l'isolateur doit être approximativement celle spécifiée sur les plans.

Les imperfections suivantes ne sont pas acceptables:

- sur le revêtement, défauts superficiels d'aire supérieure à 25 mm² (l'aire totale des défauts ne doit pas dépasser 0,2 % de la surface totale de l'isolateur) ou de profondeur ou de hauteur supérieure à 1 mm;

- des défauts sur la partie interne du tube d'une profondeur supérieure à 1 mm, et d'aire supérieure à 25 mm². Cependant, si le tube comporte un voile interne, par exemple mat de polyester, les défauts d'une profondeur supérieure à l'épaisseur du voile interne ne sont pas admis;
- fissures à la base des ailettes;
- séparation ou manque d'adhésion de la jonction entre le revêtement et les armatures métalliques (le cas échéant);
- séparation ou défauts d'adhésion à l'interface entre les ailettes et la gaine;
- bavures de moulage formant une saillie de plus de 1 mm au-dessus de la surface du revêtement.

10.3 Essai individuel mécanique

Cet essai s'applique aux isolateurs composites creux fonctionnant principalement sous contrainte de flexion ou autres charges mécaniques en service. Il s'applique aussi aux isolateurs composites creux sans pression interne.

L'essai mécanique est réalisé à température ambiante normale.

La méthode d'essai doit reproduire la contrainte maximale attendue en service.

Les isolateurs qui ne satisfont pas à l'essai doivent être rejetés.

NOTE Les charges, les méthodes d'essai et les critères d'acceptation peuvent faire l'objet d'accord entre le fabricant de l'isolateur et le fabricant d'équipement.

10.4 Essai individuel de pression

Cet essai s'applique aux isolateurs composites creux conçus pour un service sous pression.

Chaque isolateur creux doit subir, à pression atmosphérique normale et à température ambiante normale, un essai individuel de pression hydraulique ou de gaz (par exemple air, azote, hélium) correspondant à $2,0 \times \text{PMS}$ pendant au moins 1 min.

Les isolateurs qui ne satisfont pas à l'essai doivent être rejetés.

Des règles de sécurité strictes et un équipement approprié (c'est-à-dire une enceinte fortifiée), tout particulièrement lorsque du gaz est utilisé, ou bien des mesures visant à réduire le volume sous pression (par exemple avec des éléments de remplissage), doivent être utilisés.

10.5 Essai individuel d'étanchéité

Cet essai ne s'applique pas aux isolateurs composites creux conçus pour des conditions de service sans pression interne. De plus, cet essai peut ne pas être réalisé pour les isolateurs composites creux dont la conception et le procédé de fabrication sont tels qu'ils excluent tout scellement et défaut d'étanchéité par l'interface.

L'étanchéité de l'interface entre le tube et les armatures d'extrémité doit être vérifiée à la PMS en utilisant une pression de gaz (par exemple: air, azote ou hélium). Cette pression interne doit être maintenue pendant au moins 5 min.

Des règles de sécurité strictes et un équipement approprié (c'est-à-dire une enceinte fortifiée), tout particulièrement lorsque du gaz est utilisé, ou bien des mesures visant à réduire le volume sous pression (par exemple avec des éléments de remplissage), doivent être utilisés.

NOTE 1 La définition de l'étanchéité, les méthodes d'essai et les critères d'acceptation peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant de l'isolateur et le fabricant d'équipement.

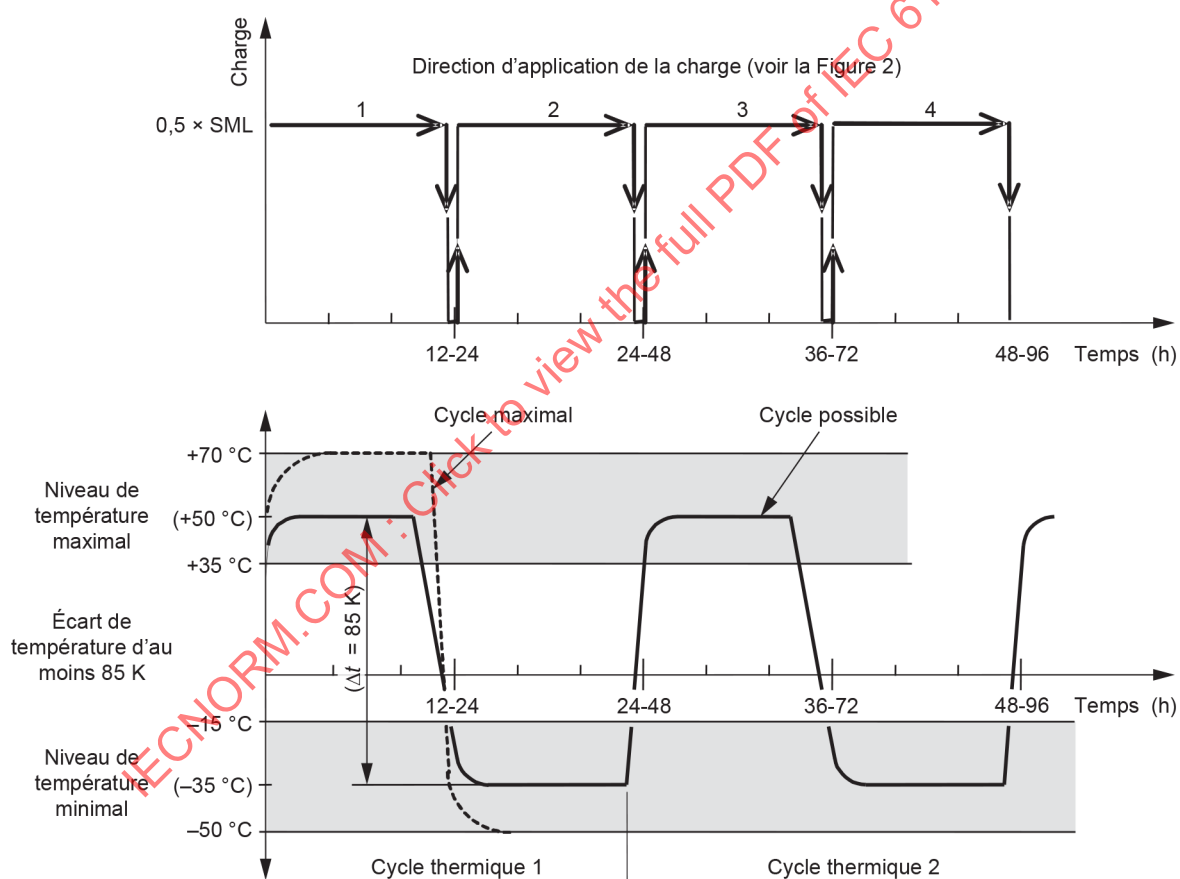
NOTE 2 Certaines réglementations peuvent exiger un taux de fuite spécifique, par exemple de 0,1 % par an. Les taux de fuite admis pour les gaz isolants alternatifs peuvent varier.

11 Documentation

Le fabricant doit conserver des enregistrements de tous les isolateurs composites creux issus de la production en série et conformes au présent document pendant une durée d'au moins 10 ans. Ces enregistrements doivent comporter les informations suivantes:

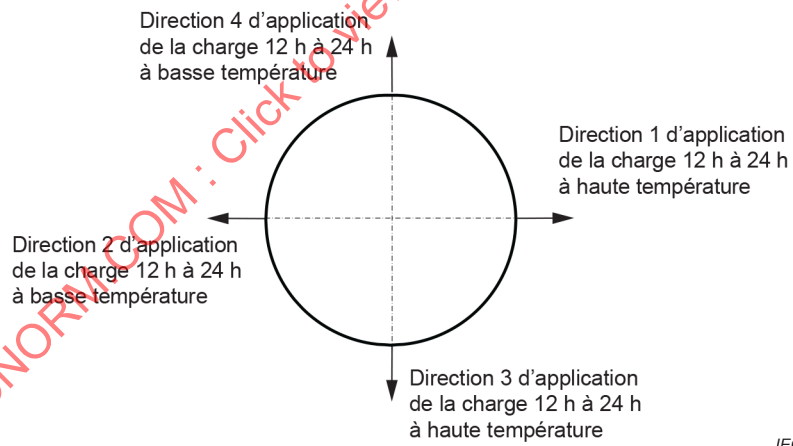
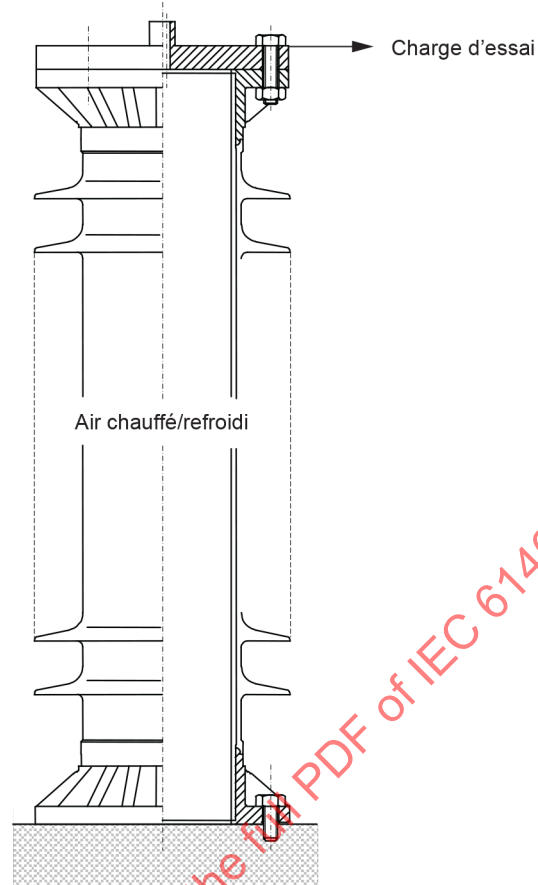
- le numéro de référence du type;
- le numéro de série;
- la date de fabrication;
- la nature, ainsi que la date et les résultats, des essais individuels de série et des essais sur prélèvements.

Sur demande, le fabricant d'équipement doit pouvoir obtenir des extraits de ces enregistrements.



IEC

Figure 1 – Essai de précontrainte thermomécanique – Cycles types



IEC

Figure 2 – Essai de précontrainte thermomécanique – Montage d'essai type