

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.080.10, 29.240.20

ISBN 978-2-8322-7128-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Classification, types of insulators and insulating materials	13
4.1 Insulator classes	13
4.2 Insulator types	14
4.3 Insulating materials.....	14
5 Identification of insulators.....	14
6 Classification of tests.....	14
6.1 Type tests	14
6.2 Sample tests	15
6.3 Routine tests.....	15
7 Cross-reference tables for tests to be performed	15
7.1 Pin insulators	15
7.2 Line post insulators.....	17
7.3 String insulator units	19
7.3.1 General	19
7.3.2 Specified type tests on string insulator units	20
7.4 Insulators for overhead electric traction lines	24
8 Procedures for type and sample tests.....	24
8.1 Insulator selection for type tests	24
8.2 Sampling rules and procedures for sample tests	24
8.3 Re-test procedure for sample tests	25
9 General requirements for electrical tests	25
10 Artificial rain parameters for wet tests.....	26
11 Mounting arrangements for electrical tests	26
12 Dry lightning impulse voltage tests	26
12.1 General.....	26
12.2 Test procedure.....	26
12.3 Acceptance criteria	26
13 Wet power frequency withstand voltage tests	27
13.1 Test procedure.....	27
13.2 Acceptance criteria	27
14 RIV test	27
14.1 Test procedure.....	27
14.2 Acceptance criteria	28
15 Puncture withstand test	28
15.1 General.....	28
15.2 Impulse puncture testing in air	28
15.3 Power frequency puncture withstand test	29
16 Routine electrical test	29
17 Verification of the dimensions	30
18 Electromechanical failing load test.....	30

18.1	Test procedure.....	30
18.2	Acceptance criteria	31
19	Mechanical failing load test.....	31
19.1	Test procedure for pin and line post insulators	31
19.2	Test procedure for string insulator units	31
19.3	Acceptance criteria for pin insulators	31
19.4	Acceptance criteria for string insulator units and line post insulators	31
20	Thermal-mechanical performance test	32
20.1	Test procedure.....	32
20.2	Acceptance criteria	33
21	Residual strength test.....	33
21.1	General.....	33
21.2	Previous tests	33
21.3	Preparation of the test pieces	33
21.4	Test procedure.....	34
21.5	Test results	34
21.6	Acceptance criteria	34
22	Verification of the axial, radial and angular displacements.....	34
22.1	Test procedure.....	34
22.2	Acceptance criteria	35
23	Verification of the locking system.....	36
23.1	General.....	36
23.2	Conformity of the locking device	36
23.3	Verification of locking.....	36
23.4	Position of the locking device.....	36
23.5	Procedure for the operation test.....	36
23.6	Acceptance criteria for the operation test	37
24	Temperature cycle test	37
24.1	Test procedure for ceramic or toughened glass material	37
24.2	Test procedure for of annealed glass	38
24.3	Special test procedure for insulators with thick sections or very large insulators	38
24.4	Complementary specifications.....	38
24.5	Acceptance criteria	38
25	Thermal shock test	39
25.1	Sample test.....	39
25.1.1	Test procedure	39
25.1.2	Acceptance criteria	39
25.2	Routine thermal shock test.....	39
25.2.1	Test procedure	39
25.2.2	Acceptance criteria	39
26	Porosity test	39
26.1	Test procedure.....	39
26.2	Acceptance criteria	39
27	Galvanizing test.....	40
27.1	General.....	40
27.2	Test procedure.....	40
27.2.1	General	40

27.2.2	Appearance	40
27.2.3	Determination of the coating mass by the magnetic test method	40
27.3	Acceptance criteria	40
27.3.1	Acceptance criteria for the appearance test	40
27.3.2	Acceptance criteria for the value of coating mass	41
28	Zinc sleeve test (if applicable)	41
28.1	General requirements concerning the zinc sleeve	41
28.2	Type test procedure	41
28.3	Sample test procedure	42
29	Routine visual inspection	42
29.1	General	42
29.2	Insulators with ceramic insulating parts	42
29.3	Insulators with glass insulating parts	43
30	Impact test	44
30.1	Test procedure	44
30.2	Acceptance criteria	44
31	Routine mechanical test	44
31.1	Routine mechanical test on line post insulators	44
31.2	Routine mechanical test on string insulator units	45
32	Mounting arrangements for tests on pin insulators	45
32.1	Standard mounting arrangement for electrical tests	45
32.2	Mounting arrangements for electrical tests reproducing service conditions	46
32.3	Mounting arrangement for the mechanical failing load test	46
33	Coefficients for statistical analysis of the test results on line post Insulators	46
33.1	Coefficient for type tests	46
33.2	Coefficients for sample tests	46
34	Mounting arrangements for tests on line post insulators	46
34.1	Standard mounting arrangement for electrical tests	46
34.2	Mounting arrangements for electrical tests reproducing service conditions	47
34.3	Mounting arrangement for the mechanical failing load test	47
35	Coefficients for statistical analysis of the test results on string insulator units	47
35.1	Coefficient for type tests	47
35.2	Coefficients for sample tests	48
36	Mounting arrangements for electrical tests on string insulator units	48
37	Mounting arrangements for electrical tests on Insulators for overhead electric traction lines	48
37.1	Standard mounting arrangement	48
37.2	Mounting arrangement representing service conditions	49
Annex A (informative) Method of comparison of the results of electromechanical or mechanical type and sample tests		52
Annex B (informative) Illustration of the mechanical and electromechanical test acceptance procedure for string insulator units and line post insulators		54
B.1	Flow charts	54
B.2	Calculated examples of acceptance and rejection	56
Annex C (informative) Coatings on ceramic or glass insulators		59
C.1	General	59
C.2	Material fingerprinting and ageing performance	59
C.3	Type testing	59

C.4	Sample testing	60
C.5	Routine testing	60
C.6	Pollution performance	60
C.7	Acceptance criteria	60
Annex D (informative)	Impact test	62
Figure 1	– Schematic representation of the thermal-mechanical performance test	49
Figure 2	– Measurement of axial and radial displacements	50
Figure 3	– Measurement of angular displacement	50
Figure 4	– Greatest thickness of the insulator	51
Figure B.1	– Acceptance flow chart for mechanical or electromechanical type tests	54
Figure B.2	– Acceptance flow chart for mechanical or electromechanical sample tests	55
Figure B.3	– Flow chart of the comparison of type and sample tests	56
Figure C.1	– Example of thickness criteria based on current experience	60
Figure C.2	– Example of adherence test criteria	61
Figure D.1	– Example of equipment for impact testing	62
Table 1	– Cross-reference table for pin insulators	17
Table 2	– Cross-reference table for line post insulators	19
Table 3	– Cross-reference table for string insulator units – cap and pin	21
Table 4	– Cross-reference table for string insulator units – long rod	23
Table 5	– Sample sizes for sample tests	25
Table 6	– Acceptance criteria for impact test	44
Table 7	– Coefficients for sample tests (line post insulators)	46
Table 8	– Coefficients for sample tests (string insulator units)	48
Table A.1	– Values for constants a, b and c	52
Table A.2	– Values for constants a, b and c (re-test)	53
Table B.1	– Examples for mechanical and electromechanical sample tests	57
Table B.2	– Blank form for calculation for mechanical and electromechanical sample tests	58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATORS FOR OVERHEAD LINES WITH A NOMINAL VOLTAGE ABOVE 1 000 V –

Part 1: Ceramic or glass insulator units for AC systems – Definitions, test methods and acceptance criteria

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) 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 60383 has been prepared by IEC technical committee 36: Insulators. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 1993. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The complete document has been revised and updated. The layout of the document has been changed in order to increase readability;
- b) RIV test has been added (Clause 14);
- c) Impulse puncture test in air has been added (15.2);
- d) Residual strength test has been added (Clause 21);

- e) Zinc sleeve test has been added (Clause 28);
- f) Impact test has been added (Clause 30);
- g) Annex C, coatings on ceramic and glass insulators has been added;
- h) Annex D, impact test has been added.

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

Draft	Report on voting
36/564/FDIS	36/571/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.

A list of all parts in the IEC 60383 series, published under the general title *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V*, can be found on the IEC website.

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.

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

INTRODUCTION

This part of IEC 60383 deals with four different types of insulators:

- Pin insulators
- Line post insulators
- String insulator units
- Insulators for overhead electric traction lines

Certain clauses of this document contain general requirements and other clauses contain specific tests relevant to each of the above-mentioned insulators.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

INSULATORS FOR OVERHEAD LINES WITH A NOMINAL VOLTAGE ABOVE 1 000 V –

Part 1: Ceramic or glass insulator units for AC systems – Definitions, test methods and acceptance criteria

1 Scope

This part of IEC 60383 applies to insulators of ceramic material or glass for use on AC overhead power lines and overhead traction lines with a nominal voltage greater than 1 000 V and a frequency not greater than 100 Hz. It also applies to insulators for use on DC overhead electric traction lines.

This document applies to string insulator units, rigid overhead line insulators and to insulators of similar design when used in substations.

It does not apply to insulators forming parts of electrical apparatus or to parts used in their construction or to post insulators which are covered by IEC 60168, *Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*.

Tests on insulator strings and insulator sets (for example, wet switching impulse voltage) are dealt with in IEC 60383-2.

The object of this document is:

- to define the terms used
- to define insulator characteristics and to prescribe the conditions under which the specified values of these characteristics shall be verified
- to prescribe test methods
- to prescribe acceptance criteria.

This document does not include requirements dealing with the choice of insulators for specific operating conditions.

Specific requirements on the use of coatings on ceramic or glass insulators are described in the informative Annex C.

Numerical values for insulator characteristics are specified in IEC 60305, IEC 60433 and IEC 60720.

NOTE A guide for the choice of insulators under polluted conditions has been published, see IEC 60815-1 and -2.

2 Normative references

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

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

IEC 60120, *Ball and socket couplings of string insulator units – Dimensions*

IEC 60305, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – Ceramic or glass insulator units for AC systems – Characteristics of insulator units of the cap and pin type*

IEC 60372, *Locking devices for ball and socket couplings of string insulator units – Dimensions and tests*

IEC 60433, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V – Ceramic insulators for AC systems – Characteristics of insulator units of the long rod type*

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

IEC 60471, *Clevis and tongue couplings of string insulator units – Dimensions*

IEC 61211, *Insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Impulse puncture testing in air*

ISO 1459:1973, *Metallic coatings – Protection against corrosion by hot dip galvanizing – Guiding principles*

ISO 1460, *Metallic coatings – Hot dip galvanized coatings on ferrous metals – Determination of the mass per unit area – Gravimetric method*

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test Methods*

ISO 1463, *Metal and oxide coatings – Measurement of coating thickness – Microscopical method*

ISO 2064, *Metallic and other non-organic coatings – Definitions and conventions concerning the measurement of thickness*

ISO 2178:2016, *Non-magnetic coatings on magnetic substrates – Measurement of coating thickness – Magnetic method*

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

insulator string

one or more string insulator units coupled together and intended to give flexible support to conductors and stressed mainly in tension

3.2

rigid insulator

insulator intended to give rigid support to an overhead line conductor and to be stressed mainly by bending and compressive loads

3.3**long rod insulator**

rigid insulator intended to be subjected to tensile loads, comprising an insulating part having an approximately circular cylindrical shank, with or without sheds, and external or internal fixing devices attached to each end

3.4**cap and pin insulator**

insulator comprising an insulating part usually having the form of a disk or bell, with or without ribs on its surface, and end fittings consisting of an outside cap and an inside pin attached axially

3.5**pin insulator**

rigid insulator consisting of an insulating component intended to be mounted rigidly on a supporting structure by means of a pin passing up inside the insulating component which consists of one or more pieces of insulating material permanently connected together

Note 1 to entry: The pin can have two basic shapes. With one shape, the insulating component is fixed to the end of the pin and does not allow contact of the insulating component with the supporting structure. With the other shape, the insulating component is fixed by means of the pin in contact with the supporting structure either directly or with a plate in between, the plate being either a separate washer or part of the pin (sometimes referred to as a pin post insulator).

3.6**line post insulator**

rigid insulator intended to be subjected to cantilever, tensile and compressive loads, constructed with one or more insulating materials and assembled on a metal base that is intended to be mounted rigidly on a supporting structure

3.7**traction insulator**

insulator or insulator set intended to give flexible or rigid support for overhead electric traction lines. All types of overhead line insulators may be used for this purpose.

3.8**annealed glass**

glass which has been treated to eliminate internal stresses

3.9**toughened glass**

glass in which pre-stresses have been created in order to improve its mechanical characteristics

3.10**lot**

group of insulators offered for acceptance from the same manufacturer, of the same design and manufactured under presumed 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.

3.11**flashover (of an insulator)**

disruptive discharge external to the insulator, and over its surface, connecting those parts which normally have the operating voltage between them

3.12**impulse withstand voltage**

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

3.13

power frequency withstand voltage

RMS value of sinusoidal power frequency voltage that the insulation of the given equipment can withstand during tests made under specified conditions and for a specified duration

3.14

electromechanical failing load

maximum load reached when a string insulator unit is tested under the prescribed conditions of the test

3.15

mechanical failing load

maximum load reached when an insulator is tested under the prescribed conditions of test

3.16

specified mechanical failing load, SFL

mechanical load that causes the loss of mechanical characteristics of any part of an insulator, when tested according to the relevant standard

Note 1 to entry: SFL can also be used for specified electromechanical failing load.

3.17

puncture (of an insulator)

disruptive discharge passing through the solid insulating material of the insulator which produces a permanent loss of dielectric strength

3.18

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 cement or of any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

Note 2 to entry: If a high resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surfaces and the distance over them is included in the creepage distance.

Note 3 to entry: Insulators with grooves e.g. pin insulators, the creepage measurements shall start at the centre of the side groove.

3.19

minimum creepage distance

defined minimum allowed creepage distance which cannot be subject to a specified negative tolerance

3.20

nominal creepage distance

value of the creepage distance which can also be subject to a specified positive or negative tolerance

3.21

minimum nominal creepage distance

defined minimum allowed creepage distance which can also be subject to a specified negative tolerance

Note 1 to entry: Minimum nominal creepage distance is a definition that normally applies to cap and pin insulators.

3.22**displacements****axial displacement**

maximum positional variation, parallel to the insulator axis, of a definite point on the circumference of the considered insulator during one complete revolution around the insulator axis

radial displacement

maximum positional variation, perpendicular to the insulator axis, of a definite point on the circumference of the considered insulator during one complete revolution around the insulator axis

angular displacement

angular deviation around the insulator axis between corresponding planes of the two coupling pieces

3.23**short standard string**

string used to verify characteristics of a unit which are significant only to an insulator string

<for cap and pin units> insulator string of 5 insulator units

<for long rod insulator units> insulator string between 1 m and 2 m in length for long rod insulator units intended to be assembled in a string

Note 1 to entry: For long rod insulators less than 1 m long intended to be used as a string, the unit itself is considered as a short standard string.

Note 2 to entry: The definition short standard string is different to the definition of short string in IEC 61467.

Note 3 to entry: For systems with insulator string with less than 5 insulators, must be considered the string with the real number of insulators.

3.24**specified characteristic**

<domain> numeric value of a voltage or of a mechanical load or any other characteristic specified in an IEC international standard

<domain> numeric value of any such characteristic agreed between the purchaser and the manufacturer

4 Classification, types of insulators and insulating materials**4.1 Insulator classes**

Insulators for overhead lines are divided into two classes according to their design:

Class A: an insulator or string insulator unit in which the length of the shortest puncture path through solid insulating material is at least equal to half the arcing distance. An example of a class A insulator is a long rod insulator with external fittings.

Class B: an insulator or string insulator unit in which the length of the shortest puncture path through solid insulating material is less than half the arcing distance. An example of a class B insulator is a cap and pin insulator.

4.2 Insulator types

For the purposes of this part of IEC 60383, overhead line insulators are divided into the four following types:

- pin insulators
- line post insulators
- string insulator units, divided into two sub-types:
 - cap and pin insulators
 - long rod insulators
- insulators for overhead electric traction lines.

NOTE Insulators for overhead traction lines are normally insulators of one of the first three types above, with or without special adaptations of the metal fittings, designed for use on overhead electric traction lines.

4.3 Insulating materials

The insulating materials of overhead line insulators covered by this part are:

- ceramic material, porcelain
- annealed glass, being glass in which the mechanical stresses have been relaxed by thermal treatment
- toughened glass, being glass in which controlled mechanical stresses have been induced by thermal treatment.

NOTE 1 Further information on the definition and classification of ceramic and glass insulating materials can be found in IEC 60672-1 and IEC 60672-3.

NOTE 2 The term "ceramic material" is used in this part to refer to porcelain materials and, contrary to North American practice, does not include glass.

5 Identification of insulators

Each insulator shall be marked, either on the insulating component or on a metal part, with the name or trademark of the manufacturer and the year of manufacture. In addition, each string insulator unit shall be marked with the specified electromechanical or mechanical failing load whichever is applicable. These markings shall be legible and indelible.

The designations included in IEC 60305, IEC 60433 and IEC 60720 may be used.

6 Classification of tests

6.1 Type tests

Type tests are intended to verify the main characteristics of an insulator which depend mainly on its design. They are usually carried out on a small number of insulators and only once for a new design or manufacturing process of insulator and then subsequently repeated only when the design, material (described on the manufacture's drawings) or manufacturing process is changed. When the change affects only certain characteristics, only the test(s) relevant to these characteristics need to be repeated. Moreover, it is not necessary to perform the electrical and mechanical type tests on a new design of insulator if a valid test certificate is available on an insulator of equivalent design and same manufacturing process. The meaning of equivalent design is given in the relevant clauses when applicable. The results of type tests are certified either by test certificates accepted by the purchaser or by test certificates confirmed by a qualified organization.

For dimensional and mechanical tests (electromechanical failing load test, mechanical failing load test, thermal-mechanical performance test, residual strength test and impact test), the certificate shall be valid for ten years from the date of issue. There is no time limit for the validity of certificates for electrical type tests (dry lightning impulse withstand voltage, wet power frequency withstand voltage, RIV test, puncture withstand test, impulse puncture test in air).

Within the above limits, the type test certificates remain valid while there is no significant disparity between the results of the type tests and subsequent corresponding sample tests. A method for comparing type and sample test results is given in Annex A.

Type tests shall be carried out only on insulators from a lot which meets the requirements of all the relevant routine tests.

6.2 Sample tests

Sample tests are carried out to verify the characteristics of an insulator which can vary with the manufacturing process and the quality of the component materials of the insulator. Sample tests are used as acceptance tests on a sample of insulators taken at random from a lot which has met the requirements of the relevant routine tests.

NOTE The acceptance coefficients and sample sizes used in this part of IEC 60383 for the statistical evaluation of results by variables have been chosen to reproduce as closely as possible the operating characteristic (OC) curves of the method by attributes used in former editions of IEC 60383 for usual lot sizes. For other lot sizes, the OC curves will be different. Further information on the statistical evaluation of test results and calculation of OC curves can be found in ISO 2859-2017, ISO 2859/1-1999, ISO 2859/2-1985: Sampling procedures and tables for inspection by attributes and ISO 3951-2013: Sampling procedures for inspection by variables.

6.3 Routine tests

Routine tests are intended to eliminate defective units and are carried out during the manufacturing process. Routine tests are carried out on every insulator.

NOTE When, in certain cases, the type, sample and routine tests are carried out as a whole on a new design of insulator, they are referred to as "prototype tests". Some tests are repeated during type, sample and routine tests and could thereby be omitted. Which tests to be omitted are upon agreement.

7 Cross-reference tables for tests to be performed

7.1 Pin insulators

The following tests are applicable to pin insulators. Certain tests are applicable only to certain classes of insulator or materials. To determine the tests which are applicable to pin insulators, reference should be made to the cross-reference table (Table 1).

The numbers on the first line in each square represent the quantity of insulators to be submitted to each test; the codes E1 and E2 correspond to the references given to the samples in 8.2. The second line in each square (figures in italics) indicates the clauses and/or subclauses which are applicable to the insulator and test in question.

The applicable type tests are to be performed once only for a given insulator (see 6.1 for more details). No comparison of type and sample test results can be satisfactorily made for the mechanical failing load test on pin insulators.

The applicable sample tests are performed on the samples E1 or E2 as indicated in the cross-reference table. The sizes of these samples shall be determined in accordance with 8.2. The sample tests shall be performed in the order indicated below; however, it is possible to carry out the tests which apply only to sample E1 (or E2) before those which apply to the other sample, after having carried out those tests which apply to both samples.

The applicable routine tests shall be performed on every insulator.

Mounting arrangements specific to pin insulators are given in Clause 32.

With reference to 6.1, an electrically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, and by the same process and has, in addition, the following characteristics:

- nominal arcing distance is the same or larger
- nominal creepage distance is the same or larger
- shed profile is the same.

With reference to 6.1, a mechanically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, by the same process, and having the same strength class, and the same design of connection between insulating components and metal parts.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Table 1 – Cross-reference table for pin insulators

Insulator type		Pin insulators					
Material		Ceramic material		Annealed glass		Toughened glass	
Class		A	B	A	B	A	B
TYPE TESTS	Verification of the dimensions	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					
	Dry lightning impulse withstand voltage	3	3	3	3	3	3
		← 12, 32.1, 32.2, 37 →					
	Wet power frequency withstand voltage	3	3	3	3	3	3
		← 13, 32.1, 32.2, 37 →					
	RIV test	5	5	5	5	5	5
		← 14 →					
SAMPLE TESTS	Puncture withstand test ¹⁾	N/A	5	N/A	5	N/A	5
		← 15 →					
	Mechanical failing load test	5	5	5	5	5	5
		← 19.1, 19.3, 32.3 →					
	Verification of dimensions	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
	Temperature cycle test	E1&E2	E1&E2	E1&E2	E1&E2	N/A	N/A
		← 24.1 →		← 24.2 →		N/A	N/A
	Mechanical failing load test	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.3, 32.3 →					
ROUTINE TESTS	Thermal shock test	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 25 →	
	Puncture withstand test ¹⁾	N/A	E2	N/A	E2	N/A	E2
		N/A	15	N/A	15	N/A	15
	Porosity test	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 26 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Galvanizing test ²⁾	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 27 →					
ROUTINE TESTS	Routine visual inspection	All	All	All	All	All	All
		← 29 →					
	Routine electrical test	N/A	All	N/A	All	N/A	N/A
		N/A	16	N/A	16	N/A	N/A
Key N/A: Not Applicable 1) Type of puncture withstand test shall be used upon agreement between manufacturer and purchaser. 2) When applicable.							

7.2 Line post insulators

The following tests are applicable to line post insulators. Certain tests are applicable only to certain classes of insulators or materials. To determine the tests which are applicable to line post insulators, refer to the following cross-reference table (Table 2).

The numbers on the first line in each square represent the quantity of insulators to be submitted to each test; the codes E1 and E2 correspond to the references given to the samples in 8.2. The second line in each square (figures in *italics*) indicates the clauses and/or subclauses which are applicable to the insulator and test in question.

The applicable type tests are to be performed once only for a given insulator (see 6.1 for more details).

The applicable sample tests are performed on the samples E1 or E2 as indicated in the cross-reference table. The sizes of these samples shall be determined in accordance with 8.2. The sample tests shall be performed in the order indicated in Table 2; however, it is possible to carry out the tests which apply only to sample E1 (or E2) before those which apply to the other sample, after having carried out those tests which apply to both samples.

The applicable routine tests shall be performed on every insulator.

Mounting arrangements specific to line post insulators are given in Clause 34.

With reference to 6.1, an electrically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, and by the same process and has, in addition, the following characteristics:

- nominal arcing distance is the same or larger
- nominal creepage distance is the same or larger
- shed profile is the same.

With reference to 6.1, a mechanically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, by the same process, and having the same strength class, and the same design of connection between insulating components and metal parts.

Table 2 – Cross-reference table for line post insulators

Insulator type		Line post insulators					
Material		Ceramic material		Annealed glass		Toughened glass	
Height ¹⁾		H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600	H ≤ 600	H > 600
Class		A ²⁾	A	A ²⁾	A	A ²⁾	A
TYPE TESTS	Verification of the dimensions	5	5	5	5	5	5
		← 17 →					
	Dry lightning impulse withstand voltage	3	1	3	1	3	1
		← 12, 34.1, 34.2, 37 →					
	Wet power frequency withstand voltage	3	1	3	1	3	1
		← 13, 34.1, 34.2, 37 →					
SAMPLE TESTS	RIV test	3	1	3	1	3	1
		← 14 →					
	Mechanical failing load test	5	5	5	5	5	5
		← 19.1, 19.4, 33.1, 34.3 →					
	Verification of dimensions	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 17 →					
ROUTINE TESTS	Temperature cycle test	E1&E2	E1&E2	E1&E2	E1&E2	N/A	N/A
		← 24.1 →		← 24.2 →		N/A	N/A
	Mechanical failing load test	E1	E1	E1	E1	E1	E1
		← 19.1, 19.4, 33.2, 34.3 →					
	Thermal shock test	N/A	N/A	N/A	N/A	E2	E2
		N/A	N/A	N/A	N/A	← 25 →	
ROUTINE TESTS	Porosity test	E1	E1	N/A	N/A	N/A	N/A
		← 26 →		N/A	N/A	N/A	N/A
	Galvanizing test	E2	E2	E2	E2	E2	E2
		← 27 →					
	Routine visual inspection	All	All	All	All	All	All
		← 29 →					
ROUTINE TESTS	Routine mechanical test	N/A	All	N/A	All	N/A	All
		N/A	31.1	N/A	31.1	N/A	31.1
Key N/A: Not Applicable 1) H is the nominal overall height in millimetres (see IEC 60720). 2) Class B line post insulators shall be submitted to the tests applicable to class B pin insulators (see Table 1).							

7.3 String insulator units

7.3.1 General

The following tests are applicable to string insulator units. Certain tests are applicable only to certain classes of insulators or materials. To determine the tests which are applicable to string insulator units, refer to the following cross-reference table (Table 3). The numbers on the first line in each square represent the quantity of insulators to be submitted to each test; the codes E1, E2 and E3 correspond to the references given to the samples in 8.2. The second line in each square (figures in *italics*) indicates the clauses and/or subclauses which are applicable to the insulator and test in question.

The applicable type tests, as indicated in the cross-reference table below, are to be performed once only for a given insulator or insulator of equivalent design (see 6.1 and 7.3.2 for more details).

The applicable sample tests are to be performed on the samples E1, E2 or E3 as indicated in the cross-reference table. The sizes of these samples shall be determined in accordance with 8.2. The sample tests shall be performed in the order indicated below; however it is possible to carry out the tests which apply only to sample E1 (or E2) before those which apply to the other sample after having carried out those tests which apply to both samples.

The applicable routine tests shall be performed on every insulator supplied. Mounting arrangements specific to string insulator units are given in Clause 36.

7.3.2 Specified type tests on string insulator units

7.3.2.1 Electrical type tests on string insulator units

The electrical type tests which are performed on a short standard string are intended to give a comparison of performance, on a standard basis, of different string insulator units, taking into account the effect of the presence of adjacent units.

NOTE The specified performance and test results obtained on short standard strings cannot necessarily be extended on a linear basis to longer strings. However, if the withstand voltage test is made on two short strings of different lengths (e.g. 1 m and 2 m), then the results can be linearly interpolated to provide information on the performance of strings whose lengths lie between the two lengths tested.

With reference to 6.1, an electrically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, and by the same process and has, in addition, the following characteristics:

- for long rod insulators:
 - nominal core diameter is the same or smaller
 - nominal shed spacing is the same within $\pm 5\%$
 - shed projection is the same within $\pm 5\%$
 - shed profile is the same
 - nominal creepage distance is equal or greater
 - nominal arcing distance is equal or greater
- for cap and pin insulators:
 - shed profile is the same
 - nominal arcing distance is equal or greater
 - diameter of the insulating part is the same or greater within $+5\%$
 - the nominal spacing is the same within $\pm 5\%$
 - nominal creepage distance is the equal or greater

7.3.2.2 Mechanical type tests

With reference to 6.1, a mechanically equivalent insulator unit is a type made in the same factory, with the same materials, by the same process, and having the same strength class, the same coupling size and the same design of connection between insulating components and metal parts. In addition it has the following characteristics:

- for long rod insulators:
 - nominal core diameter is the same
- for cap and pin insulators:
 - nominal diameter is the same or smaller.

Table 3 – Cross-reference table for string insulator units – cap and pin

Material		Ceramic material	Toughened glass
Class		B	B
TYPE TESTS	Verification of the dimensions	10 ← 17 →	10
	Dry lightning impulse withstand voltage	1SS ¹⁾ ← 12, 36, 37 →	1SS ¹⁾
	Wet power frequency withstand voltage	1SS ¹⁾ ← 13, 36, 37 →	1SS ¹⁾
	RIV test	3 ← 14 →	3
	Impulse puncture test in air	10 ← 15.2 →	10
	Electromechanical failing load test	5+5 ⁶⁾ 18, 35.1	N/A N/A
	Mechanical failing load test	N/A N/A	5+5 ⁶⁾ 19.2, 19.4, 35.1
	Thermal-mechanical performance test	10 ← 20, 35.1 →	10
	Residual strength test	25 ← 21, 24.1 →	25
	Zinc sleeve test ³⁾	3 ← 28.2 →	3
	Impact test ⁸⁾	3 ← 30 →	3
SAMPLE TESTS	Verification of dimensions ²⁾	E1, E2 ← 17 →	E1, E2
	Verification of displacements	E1, E2 ← 22 →	E1, E2
	Verification of the locking system ³⁾	E2 ← 23 →	E2
	Galvanizing test	E2 ← 27 →	E2
	Temperature cycle test	E1&E2 ← 24.1 →	N/A N/A
	RIV test ⁴⁾	E3 ← 14 →	E3
	Puncture withstand test ⁵⁾	E3 ← 15 →	E3
	Electromechanical failing load test	E1 ⁷⁾ 18, 35.2	N/A N/A
	Mechanical failing load test	N/A N/A	E1 ⁷⁾ 19.2, 19.4, 35.2
	Thermal shock test	N/A N/A	E2 25
	Porosity test	E1 26	N/A N/A
	Zinc sleeve test ³⁾	Half of E1 ← 28.3 →	Half of E1

Material		Ceramic material	Toughened glass
Class		B	B
ROUTINE TESTS	Routine visual inspection	All	All
		← 29 →	
	Routine mechanical test	All	All
		← 31.2 →	
	Routine electrical test	All	N/A
	Routine thermal shock test	N/A	All
N/A		25.2	

Key

N/A: Not Applicable

- 1) 1SS = Test to be carried out on one short standard string.
- 2) E1 and E2 for coupling gauging, other dimensions E2 only. See Clause 17.
- 3) When applicable.
- 4) Introduced as sample test as it can show variation in quality. The test can be omitted based on agreement between manufacturer and purchaser if RIV is not an issue in field.
- 5) Preferred test for transmission line insulators is "Impulse puncture test in air" unless Power frequency withstand test in oil with stable and reproducible resistivity is available.
- 6) 5 samples are chosen from samples submitted to impulse puncture test in air – see 15.2.
- 7) Part of the samples are chosen from samples submitted to impulse puncture test in air (E3/2) – see 15.2 (if impulse puncture test in air is selected).
- 8) Applies to standard and antifog profiles (there is limited experience of testing other profiles).

For IEC designation U40B and U40BP, RIV test and impulse puncture test in air are not applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Table 4 – Cross-reference table for string insulator units – long rod

Material		Ceramic material	
Class		A	B
TYPE TESTS	Verification of the dimensions	5	10
		← 16 →	
	Dry lightning impulse withstand voltage	1 or SS ¹⁾	1 or SS ¹⁾
		← 12, 36, 37 →	
	Wet power frequency withstand voltage	1 or SS ¹⁾	1 or SS ¹⁾
		← 13, 36, 37 →	
	Impulse puncture test in air	N/A	5
		← 15.2 →	
	RIV test	N/A	3
		← 14 →	
	Electromechanical failing load test	N/A	5
		N/A	18, 35.1
SAMPLE TESTS	Mechanical failing load test	5	N/A
		19.2, 19.4, 35.1	N/A
	Thermal-mechanical performance test	5	5
		← 20, 35.1 →	
	Verification of dimensions ²⁾	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Verification of displacements	E1, E2	E1, E2
		← 22 →	
	Verification of the locking system ³⁾	E2	E2
		← 23 →	
	Temperature cycle test	E1&E2	E1&E2
		← 24.1 →	
	Electromechanical failing load test	N/A	E1
		N/A	18, 35.2
	Mechanical failing load test	E1	N/A
		19.2, 19.4, 35.2	N/A
	RIV test ⁴⁾	N/A	E3
		← 14 →	
	Puncture withstand test ⁵⁾	N/A	E3
		N/A	15
	Porosity test	E1	E1
		← 26 →	
	Galvanizing test	E2	E2
		← 27 →	

Material		Ceramic material	
Class		A	B
ROUTINE TESTS	Routine visual inspection	All	All
		← 29.2 →	
	Routine mechanical test	All	All
		← 31.2 →	
	Routine electrical test	N/A	All
N/A		16	

Key

N/A: Not Applicable

1) 1 or SS = Test to be carried out either on one insulator or on one short standard string.

2) E1 and E2 for coupling gauging, other dimensions E2 only. See Clause 17.

3) When applicable.

4) Introduced as sample test as it can show variation in quality. The test can be omitted based on agreement between manufacturer and purchaser if RIV is not an issue in field.

5) Preferred test for transmission line insulators is "Impulse puncture test in air" unless Power frequency withstand test in oil with stable and reproducible resistivity is available.

7.4 Insulators for overhead electric traction lines

There is no cross-reference table for insulators for overhead electric traction lines, as these insulators are usually of one of the other three types indicated. The tests applicable to this corresponding type of insulator shall be performed together with the combined bending/tensile test, when applicable.

Mounting arrangements specific to insulators for overhead electric traction lines are given in Clause 37.

In addition to the tests normally required, a bending and tensile test may be necessary for insulators which are submitted to such forces in service. The performance of this test shall be subject to agreement between the purchaser and the manufacturer at the time of ordering. In the same way, the test procedure, mounting arrangements and acceptance criteria shall also be agreed between manufacturer and purchaser. RIV tests on insulators for traction lines can be omitted based upon agreement between manufacturer and purchaser.

8 Procedures for type and sample tests

8.1 Insulator selection for type tests

The quantity of insulators to be tested for each test, as indicated in the cross-reference table, shall be taken from a lot of insulators which meets the requirements of all the relevant routine tests.

NOTE This selection is normally carried out by the manufacturer.

8.2 Sampling rules and procedures for sample tests

For the sample tests, three groups are used, E1, E2 and E3. The sizes of these samples are indicated in Table 5. When more than 10 000 insulators are concerned, they shall be divided into an optimum number of equal lots comprising between 2 000 and 10 000 insulators. The

results of the tests shall be evaluated separately for each lot. For $N \leq 300$ the number of samples is set to zero.

Table 5 – Sample sizes for sample tests

Lot size (N)	Sample size		
	E1	E2	E3
$N \leq 300$	0		
$300 < N \leq 2\,000$	4	3	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6	6

The insulators shall be selected at random from the lot. The purchaser has the right to make the selection.

The samples shall be subjected to the applicable sample tests shown in the respective cross-reference table. In the case of failure of the sample to satisfy a test, the relevant re-test procedure (see 8.3) shall be applied.

Insulators which have been submitted to sample tests which may affect their mechanical and/or electrical characteristics shall not be used in service.

8.3 Re-test procedure for sample tests

When specified in the acceptance criteria, the following re-test procedure applies for sample tests.

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

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

Provided the cause of the failure can be clearly identified, the manufacturer may sort the lot to eliminate all the insulators with this defect. (In the case of a lot that has been divided into smaller lots and if one of the smaller lots does not comply, the investigation may be extended to the other lots). The sorted lot(s) or part thereof may then be re-submitted for testing. The number then selected shall be three times the first quantity chosen for the tests. The re-testing shall comprise the test in which failure occurred preceded by those tests which may be considered as having influenced the results of the original test. If any insulator fails during this re-testing, the complete lot is considered as not complying with this part.

9 General requirements for electrical tests

Outlined below are the test procedures and requirements for electrical testing of the different types of insulators which fall within the scope of this part of IEC 60383. The lists of tests, mounting arrangements and acceptance constants are given in relevant clauses for each type of insulator.

- The lightning impulse voltage and power-frequency voltage test procedures shall be in accordance with IEC 60060-1.

- Lightning impulse voltages shall be expressed by their prospective peak values and power-frequency voltages shall be expressed as peak values divided by $\sqrt{2}$.
- When the natural atmospheric conditions at the time of the test differ from the standard values (see IEC 60060-1), it is necessary to apply correction factors in accordance with IEC 60060-1.
- The insulators shall be clean and dry before starting high-voltage tests.
- Special precautions shall be taken to avoid condensation on the surface of the insulators, especially when the relative humidity is high. For example, the insulator shall be maintained at the ambient temperature of the test location for sufficient time for thermal equilibrium to be reached before the test starts.
Except by agreement between the purchaser and the manufacturer, dry tests shall not be made if the relative humidity exceeds 85 %.
- The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to minimize effects from the previous application of voltage in flashover or withstand tests.

10 Artificial rain parameters for wet tests

The standard wet test procedure described in IEC 60060-1 shall be used. The artificial rain shall be in accordance with the requirements of IEC 60060-1.

NOTE When tests are made on insulators in the horizontal or inclined positions, an agreement should be reached between the purchaser and the manufacturer regarding direction of rainfall.

11 Mounting arrangements for electrical tests

The particular mounting arrangements are specified in the clause relevant to the type of insulator to be tested.

12 Dry lightning impulse voltage tests

12.1 General

The normal procedure for determining the dry lightning impulse withstand voltage on single insulators and short standard strings shall be by calculation from the 50 % flashover voltage level determined by the up and down method described in IEC 60060-1.

NOTE By agreement between purchaser and manufacturer, the withstand voltage can be verified by the 15-impulse method as described in IEC 60060-1.

12.2 Test procedure

The standard 1,2/50 lightning impulse shall be used (see IEC 60060-1).

The insulator shall be tested under the conditions prescribed in Clause 9.

Impulses of both positive and negative polarity shall be used.

The number of insulators to be tested shall be in accordance with 8.1.

12.3 Acceptance criteria

The 50 % lightning impulse flashover voltage determined by the above procedure shall be corrected to standard reference atmosphere in accordance with IEC 60060-1.

When the test is made on one insulator or on a short standard string, the insulator passes the test if the 50 % lightning impulse flashover voltage is not less than $1/(1 - 1,3 \sigma) = 1,040$ times

the specified lightning impulse withstand voltage, where σ is the standard deviation (assumed equal to 3 %).

When the test is made on three insulator units, the mean value of the three 50 % lightning impulse flashover voltages is calculated. The insulators pass the test if the mean 50 % lightning impulse flashover voltage is not less than $1/(1 - 1,3\sigma) = 1,040$ times the specified lightning impulse withstand voltage, where σ is the standard deviation (assumed equal to 3 %).

The insulators shall not be damaged by these tests; but slight marks on the surface of the insulating parts or chipping of the cement or other material used for assembly shall be permitted.

13 Wet power frequency withstand voltage tests

13.1 Test procedure

The test circuit shall be in accordance with IEC 60060-1.

The insulator shall be tested under the conditions prescribed in Clauses 9 and 10.

The test voltage to be applied to the insulator shall be the specified wet power-frequency withstand voltage adjusted for atmospheric conditions at the time of the test. The test voltage shall be maintained at this value for 1 min.

The number of insulators to be tested shall be in accordance with 8.1.

NOTE When this test is carried out on insulators for overhead traction lines, the standard frequency of the test voltage is applicable to insulators intended for use at other frequencies from 0 Hz to 100 Hz.

13.2 Acceptance criteria

When the test is made on one insulator unit or one standard string, the test is passed if no flashover or puncture occurs during the test.

When the test is made on three insulator units the test is passed if no flashover or puncture occurs on any unit.

NOTE If flashover occurs on any insulator tested, a second test on the same unit can be performed after verifying the rain conditions.

To provide information when specially requested at the time of order, the wet flashover voltage of the insulator may be determined by increasing the voltage gradually from about 75 % of the wet power-frequency withstand voltage with a rate of rise of about 2 % of this voltage per second. The flashover voltage shall be the arithmetic mean of five consecutive readings and the value after correction to standard atmospheric conditions shall be recorded.

14 RIV test

14.1 Test procedure

RIV test shall be performed on single insulator units. The test circuit, equipment and atmospheric conditions shall be according to IEC 60437.

For cap and pin insulators, the test shall be performed at one voltage level: 10 kV. A test voltage of 20 kV can be applied upon agreement between manufacturer and purchaser.

For pin type and line post type insulators, the test voltage shall be the RMS phase to earth value of the highest rated voltage for the equipment (see IEC 60071-1).

14.2 Acceptance criteria

Acceptance criteria for type test of cap and pin shall be:

- $\leq 50 \mu\text{V}$ (34 dB) at 10 kV AC
- $\leq 320 \mu\text{V}$ (50 dB) at 20 kV AC.

Acceptance criteria for type test of pin type, line post type and long rod class B insulators shall be:

- $\leq 50 \mu\text{V}$ (34 dB) for test voltage $\leq 10 \text{ kV AC}$
- $\leq 100 \mu\text{V}$ (40 dB) for $10 \text{ kV} < \text{test voltage} \leq 25 \text{ kV AC}$.
- $\leq 200 \mu\text{V}$ (46 dB) for $25 \text{ kV} < \text{test voltage} \leq 50 \text{ kV AC}$

NOTE 1 For porcelain pin insulators some of the acceptance criteria can only be achieved by using semiconducting glaze.

NOTE 2 The choice of test voltage is determined by the rated line voltage.

For test voltages higher than 50 kV the acceptance criteria shall be agreed between manufacturer and purchaser.

For sample tests the acceptance criteria shall be the same unless otherwise specified depending on the specific application and voltage distribution measurement. The re-test procedure in 8.3 applies to this test (only sample test).

15 Puncture withstand test

15.1 General

The puncture test may be either an impulse puncture withstand test or a power-frequency puncture withstand test. This test is performed to evaluate the puncture strength of the insulator, which depends on both the design and quality of manufacturing.

15.2 Impulse puncture testing in air

The number of insulators to be tested shall be in accordance with Table 1, Table 3 or Table 4. The insulators to be tested shall be dry and clean.

The test set-up, test voltage generation, measuring equipment and test procedure shall be according to IEC 61211.

No impulses with reduced amplitude shall be applied between the polarity changes.

Puncture determination:

An insulator passes the test if: every steep-front impulse voltage application result in an external flashover, and the test record or peak voltage indicator does not show any marked reduction in voltage between impulse applications;

Acceptance criteria and retest procedure in accordance with IEC 61211 shall be applied.

5 of the test samples for type test and half of E3 (immediately higher entire number) for sample test shall be subjected to an electromechanical failing load test (ceramic insulators) Clause 18 or mechanical failing load test (toughened glass insulators) Clause 19.

15.3 Power frequency puncture withstand test

At the start of the test the insulators and insulating media shall be at room temperature. Insulators shall be cleaned and dried and completely immersed in a tank containing a suitable insulating medium to prevent surface discharges on them. If the tank is made of metal, its dimensions shall be such that the shortest distance between any part of the insulator and the side of the tank is not less than 1,5 times the diameter of the largest insulator shed. The insulating medium temperature shall be at about room temperature.

The resistivity of the oil shall be between $10^6 \Omega\text{m}$ and $10^8 \Omega\text{m}$. The resistivity of the oil shall be measured before the test with an adapted megohm-meter or similar.

NOTE Additives (e.g. surfactants (non-ionic surfactant, anionic surfactant), steam etc) can be used to maintain a stable resistivity.

The test voltage shall be applied between those parts which normally have the operating voltage between them. During immersion in the insulating medium, precautions shall be taken to avoid air pockets under the sheds of the insulator.

The test voltage shall be raised as rapidly as is consistent with its value being indicated by the measuring instrument to the specified puncture voltage. No puncture shall occur below the specified puncture voltage.

To provide information, and when specially requested at the time of ordering, the voltage may be raised until puncture occurs and the puncture voltage recorded.

The re-test procedure in 8.3 applies to this test (only sample test).

16 Routine electrical test

String insulator units and rigid insulators of ceramic material or annealed glass shall be subjected to a continuously applied alternating voltage.

Rigid insulators shall be placed head downwards in a tank containing water to a depth sufficient to cover the side conductor groove. The voltage shall be applied between the tank and the water practically filling the pin hole or cavity of each insulator. Alternatively, metal electrodes may be used provided the electric stress in the porcelain or glass is not reduced.

The alternating voltage may be at power-frequency or at high frequency.

When using power-frequency the test voltage shall be applied for three to five consecutive minutes and shall be sufficiently high to produce sporadic or occasional flashover (every few seconds).

When using high frequency this shall be a suitably damped alternating voltage with a frequency between 100 kHz and 500 kHz. The test voltage shall be applied for at least three consecutive seconds and shall be sufficiently high to cause continuous flashover. A power-frequency voltage applied to the insulators, or any other suitable means, shall be used to detect puncture of the insulator either during or after the high frequency test.

Insulators which puncture during the test shall be rejected.

Unless otherwise specified, this test shall be carried out after the mechanical routine test, in order to eliminate insulators which may have been partially damaged in the mechanical test.

NOTE For certain designs of class B rigid insulator, it may not be possible to apply the test described above. By agreement between the purchaser and the manufacturer at the time of ordering, the test on the assembled insulator can then be replaced by a test on the insulating components before assembly.

17 Verification of the dimensions

The dimensions of the tested insulators shall be checked in accordance with the relevant drawings, particularly with regard to any dimensions to which special tolerances apply (e.g. spacing specified in IEC 60305 and IEC 60433) and details affecting interchangeability (e.g. coupling dimensions which form the subject of IEC 60120 and IEC 60471).

Gauging of ball and socket couplings of string insulator units shall be verified on both E1 and E2 samples, for other dimensions and other types of insulators only the E2 sample shall be used.

Unless otherwise agreed, a tolerance of:

$\pm (0,04d + 1,5)$ mm when $d \leq 300$ mm and for all lengths of nominal creepage distance,

or

$\pm (0,025d + 6)$ mm when $d > 300$ mm

or

$\pm (0,03d + 0,3)$ mm for the spacing deviation of cap and pin when applicable.

is allowed on all dimensions for which special tolerances do not apply (d being the checked dimension in millimeters).

The tolerances given above apply to all dimensions, even if they are specified as a minimum or maximum nominal value.

The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

18 Electromechanical failing load test

18.1 Test procedure

This test shall be applied to string insulator units of types such that an internal electrical discharge will serve to indicate mechanical failure of the insulating part.

The string insulator units shall be subjected individually to a power-frequency voltage and a tensile load applied simultaneously between the metal parts. The voltage shall be maintained throughout the test.

The voltage to be applied shall be equal to the value of the specified wet power-frequency withstand voltage of the short standard string divided by the number of units in the short standard string.

As regards their essential dimensions, the coupling pieces of the testing machine shall be in accordance with IEC 60120 for insulators with ball and socket couplings and with IEC 60471 for insulators with clevis and tongue couplings. For insulators for overhead traction lines or other special insulators to which this part is applied, special couplings may be necessary. Coupling pieces of the same strength (standard or reinforced) shall be used in the type and sample tests.

The tensile load shall be increased from zero, rapidly but smoothly, up to approximately 75 % of the specified electromechanical failing load and shall then be gradually increased at a rate of increase between 100 % and 35 % of the specified electromechanical failing load per minute until electrical or mechanical failure of the insulator occurs or the failing load defined in clause 3 is reached and the value recorded. (The rates indicated correspond to reaching the specified electromechanical failing load in a time between 15 s and 45 s).

NOTE The rate of change of load increase may alter upon achieving specified failing load

18.2 Acceptance criteria

See 19.4.

19 Mechanical failing load test

19.1 Test procedure for pin and line post insulators

The pin or line post insulator shall be mounted as specified in the relevant subclause (32.3 or 34.3), and a mechanical bending load shall be applied. The load shall be increased from zero, rapidly but smoothly, up to approximately 75 % of the specified mechanical failing load and shall then be gradually increased, at a rate of increase between 100 % and 35 % of the specified mechanical failing load per minute, until the latter is reached for pin insulators or until the mechanical failing load as defined in Clause 3, is reached for line post insulators (the rates indicated correspond to reaching the specified mechanical failing load in a time between 15 s and 45 s). The mechanical failing load of line post insulators shall be recorded.

NOTE The rate of change of load increase may alter upon achieving specified failing load.

19.2 Test procedure for string insulator units

The string insulator units shall be subjected individually to a tensile load applied between their metal parts. As regards their essential dimensions, the coupling pieces of the testing machine shall be in accordance with IEC 60120 for insulators with ball and socket couplings and with IEC 60471 for insulators with clevis and tongue couplings. For insulators for overhead traction lines or other special insulators to which this part is applied, special couplings may be necessary. Coupling pieces of the same strength (standard or reinforced) shall be used in the type and sample tests.

The tensile load shall be increased from zero, rapidly but smoothly, up to approximately 75 % of the specified mechanical failing load and shall then be gradually increased, at a rate of increase between 100 % and 35 % of the specified mechanical failing load per minute until the failing load as defined in Clause 3, is reached and the value recorded (the rates indicated correspond to reaching the specified mechanical failing load in a time between 15 s and 45 s).

NOTE The rate of change of load increase may alter upon achieving specified failing load

19.3 Acceptance criteria for pin insulators

The insulator passes the test if the specified mechanical failing load is reached without mechanical failure of the insulating component. Additionally, for insulators with integral pin, the residual deflection of the insulating component at the point of application of the test load shall not exceed 20 % of the height of this point above the supporting plane.

The re-test procedure in 8.3 is applicable to this test for pin insulators.

19.4 Acceptance criteria for string insulator units and line post insulators

From the individual failing loads X obtained during the electromechanical or mechanical failing load test the mean value $\bar{X}$ and the standard deviation σ_{n-1} shall be calculated.

The following symbols are used:

$\bar{X}_T$: Mean value of the type test results

$\bar{X}_1$: Mean value of the sample test results

- $\overline{X}_2$: Mean value of the re-test results
 σ_T : Standard deviation of the type test results
 σ_1 : Standard deviation of the sample test results
 σ_2 : Standard deviation of the re-test results
 C_{0123} : Acceptance constants

A type test is passed, if

$$\overline{X}_T \geq SFL + C_0 \sigma_T$$

A sample test is passed, if

$$\overline{X}_1 \geq SFL + C_1 \sigma_1$$

If $SFL + C_2 \sigma_1 \leq \overline{X}_1 < SFL + C_1 \sigma_1$, a re-test with the double sample size is permitted in sample tests.

The re-test is passed, if

$$\overline{X}_2 \geq SFL + C_3 \sigma_2$$

in which the mean value $\overline{X}_2$ and standard deviation σ_2 are obtained from the re-test results only.

If the re-test is not passed the lot is considered as not complying with this part of IEC 60383 and an investigation shall be performed in order to find out the causes of failure. (Where a lot has been divided into smaller lots and one of the smaller lots does not comply, the investigation may be extended to the other lots.)

The values of the acceptance coefficients C_0 , C_1 , C_2 and C_3 to be applied are specified in Clauses 33 and 35 respectively.

A method of comparison of the results of electromechanical or mechanical type and sample tests is given in Annex A. A complete acceptance schedule for type and sample tests as well as calculated examples is given in Annex B.

NOTE When calculating the standard deviation σ , attention is drawn to the fact that it is the sample standard deviation where the denominator is $n-1$.

20 Thermal-mechanical performance test

20.1 Test procedure

The insulator units shall be subjected to four 24-hour cycles of cooling and heating with a simultaneously applied tensile load maintained between 60 % and 70 % of the specified electromechanical or mechanical failing load. Each 24-hour cycle shall start with one cooling period of $(-30 \pm 5)^\circ\text{C}$ followed by one heating period of $(+40 \pm 5)^\circ\text{C}$. The tolerances on the temperatures of the hot and cold cycles shall be respected in such a way as to ensure a minimum difference of 70 K between the recorded hot and cold temperatures. The maximum and minimum temperatures shall be maintained for at least four consecutive hours of the temperature cycle. The rate of temperature change is not of practical importance and will

depend on the test facilities. All temperatures shall be measured on or near a metallic part of one of the insulators.

The tensile load shall be applied to the insulator unit at room temperature before starting the first thermal cycle. It shall be completely removed and re-applied at the end of each heating period, the last one excepted. After the fourth 24-hour cycle, and after cooling to room temperature, the tensile load shall be removed. The test procedure is schematically represented in Figure 1.

The electromechanical (Clause 18) or the mechanical failing load test (Clause 19) shall be carried out within 24h from that the tensile load has been removed from the insulator unit.

The insulator units may be coupled together in series and/or in parallel when subjected to the thermal cycles and the mechanical load. When coupled in parallel, the insulator units shall be equally loaded.

Loose coupling pins, for example those used with insulators of the long rod type, shall not be included in the mechanical test since they are not part of the internal design of the insulator.

20.2 Acceptance criteria

The acceptance criteria for the electromechanical and mechanical failing load tests shall be used (see 19.4). If any insulator fails during the cycles of heating and cooling, the insulators are considered as not complying with this part.

21 Residual strength test

21.1 General

The residual strength is the maximum mechanical load which can be reached when an insulator unit, which has had its insulating part mechanically damaged in the prescribed manner, is tested under the prescribed conditions.

21.2 Previous tests

The residual strength test shall be preceded by the temperature cycle test according to 24.1.

21.3 Preparation of the test pieces

After the insulators have undergone the temperature cycle test, the shed of the insulating part of the insulators shall be broken off by mechanical means, for example by hammer blows. No portion of the shed shall remain outside the maximum diameter of the cap.

NOTE Results of completed tests have shown that, as far as results of the residual strength test are concerned, it does not make any difference in which way the sheds are broken.

According to available test results, the presence of a mechanical load during the breakage of the shed has no influence on the residual strength.

The total removal of the ceramic outside the maximum diameter of the cap has been chosen as the only possibility of defining the amount of the ceramic breakage to obtain satisfactory reproducibility during the tests, and also become it is current practice.

It should be noted that, in service, such an amount of damage is very rare. The damage caused by power arcs, gunshots, etc, is normally less severe, thus there will be usually less reduction of the mechanical strength.

The total removal of all the glass outside the maximum diameter of the cap always occurs when toughened glass sheds are broken.

21.4 Test procedure

After preparation of the test pieces according to 21.3, they shall be subjected to the following mechanical failing load

The string insulator units shall be subjected individually to a tensile load applied between their metal parts.

As regards their essential dimensions, the coupling pieces of the testing machine shall be in accordance with IEC 60120 for insulators with ball and socket couplings and with IEC 60471 for insulators with clevis and tongue couplings.

The tensile load shall be increased from zero, rapidly but smoothly, up to approximately 50 % of the specified mechanical or electromechanical failing load of the completed insulator and shall then be gradually increased, at a rate of increase between 0,5 % and 1 % of the specified mechanical or electromechanical failing load per second until breakage occurs. The maximum load reached during the test is recorded as the residual strength of the piece.

21.5 Test results

In the residual strength test, the pieces may exhibit two alternative modes of breakage at the maximum load:

- the cap and the pin separate, for example the pin is pulled out,
or
- the metal part breaks (the cap or the pin).

Therefore, a method is specified for evaluating the residual strength to be compared with SFL:

- a) If on all 25 test pieces, the metal parts are separated, then the mean failing load $\bar{X}$ and the standard deviation s shall be calculated, and the ratio

$$k = \frac{\bar{X} - 1,645 s}{SFL}$$

shall deduced, where k is the acceptance constant.

- b) If one or more of the 25 test pieces fail by breakage of the metal parts, then the acceptance constant k of the remaining pieces should be calculated as in Item a), above.

21.6 Acceptance criteria

For pieces fail by breakage of the metal parts, the failing load of these pieces should be not less than SFL.

The acceptance constant k should be greater than or equal to 0,65.

Additionally, the formula given in Item a) is not valid when the number of breakages by separation is less than 10. In this case, the failing load of these pieces should be not less than 0,65 SFL.

22 Verification of the axial, radial and angular displacements

22.1 Test procedure

The string insulator unit is placed in light tension between suitably mounted coupling pieces which are in accordance with IEC 60120 or IEC 60471. In the case of clevis and tongue couplings it may be necessary to add shims to centre the metal fittings in the couplings. The two coupling pieces shall be on the same vertical axis and shall be free to rotate.

For cap and pin insulator units:

The upper mounting piece shall be either a socket or a clevis so that the insulator under test hangs by its ball or tongue with the cap located by the lower mounting piece. Two measuring devices A and B are arranged as shown in figure 2a so that they make contact with the insulating component at the point of maximum diameter and at the tip of the outermost rib respectively.

The insulator is rotated through 360° and the maximum variation in the readings of the measuring devices is noted.

NOTE The variation in the reading of measuring device A will include any variation in the flatness of the insulating component. Normally acceptable variations will fall within the specified maximum values. Excessive variations from flatness will result in the variations of the measurements with device A being above the specified maximum value.

For long rod insulator units:

The measuring device B is arranged as shown in Figure 2b) so that it makes contact with the core of the insulating component as close as possible to the centre of the insulator.

The insulator is rotated through 360° and the maximum variation in the reading of the measuring device is noted.

In addition, the angular displacement α of the coupling pieces shall be measured by a suitable method, for example, as in Figure 3.

22.2 Acceptance criteria

For cap and pin insulator units:

The following maximum variations in the readings of the measuring devices are given:

- variation on A: 4 % of the nominal insulator diameter
- variation on B: 3 % of the nominal insulator diameter

The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

For long rod insulator units:

The following maximum variations in the readings of the measuring devices are given.

Variation on B:

- 1,4 % of the insulator length for insulator lengths ≤ 750 mm
- 1,2 % of the insulator length for insulator lengths > 750 mm

The value of the angular displacement α of the coupling pieces shall not exceed the following value:

For clevis and tongue couplings:	$\alpha \leq 4^\circ$
For ball and socket caps:	$\alpha \leq 15^\circ$
For other combinations of coupling pieces:	$\alpha \leq 15^\circ$ unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer.

The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

23 Verification of the locking system

23.1 General

This test is applicable to string insulator units with ball and socket couplings. The test comprises four parts:

- Conformity of the locking device
- Verification of locking
- Position of the locking device (for split-pin types only)
- Operation test

The re-test procedure in 8.3 applies to these tests.

23.2 Conformity of the locking device

The insulator or fitting manufacturer shall verify that the locking devices conform to the requirements of IEC 60372. This verification shall be confirmed by a test certificate held available by the insulator manufacturer.

NOTE If there is no evidence that the locking devices equipping the insulators presented for acceptance belong to the same lot for which the certificate was established, tests conforming to IEC 60372 can be carried out on a number of locking devices not more than the sample size E2 given in 8.2.

23.3 Verification of locking

The insulators are connected in strings of two units for cap and pin insulators. In the case of long rod insulators, the insulator unit is assembled with the corresponding ball-link. The locking device is placed in the locking position. Then, by applying movements comparable to those experienced in service, the string or ball-link is checked to see that no uncoupling can occur.

23.4 Position of the locking device

For split-pin types, the locking position for the legs is checked to see that they do not protrude beyond the entry of the socket and that it is possible to introduce a sharp tool of half the eye diameter into the eye, to pull the split-pin from the locking position to the coupling position.

NOTE 1 See IEC 60372 for an illustration of coupling and locking positions.

NOTE 2 In the case of split-pin types, attention is drawn to the fact that excessive impact on the head of the pin during placement in the locking position may cause deformation to the extent that the locking capability is affected. Care is to be taken that the functioning of the split-pin is not affected by deformation caused during opening out of the tips.

NOTE 3 For standard coupling 11, split-pin legs can extend beyond the socket entry by not more than 5 mm.

23.5 Procedure for the operation test

The locking device is placed in the locking position.

For split-pin types:

By means of an appropriate device, a tensile load F is applied to the eye of the split-pin along this axis.

For W-clips:

By means of a steel bar having a rectangular cross-section dimension of $F_5 \times T$ (for these dimensions see IEC 60372), a load F is applied to the two rounded extremities of the clip, along its axis.

The load is gradually increased until the locking device moves to the coupling position. The operation from the locking to the coupling position shall be carried out three times in succession. The load F which causes the locking device to move from the locking to the coupling position is noted for each operation. After this, a load $F_{\max}$, as shown in the acceptance criteria below, shall be applied without causing complete removal of the locking device from the socket.

23.6 Acceptance criteria for the operation test

The values of the load F for the three operations shall lie between the values of $F_{\min}$ and $F_{\max}$ given below:

	Split-pins	W-clips
for standard coupling 11	$F_{\min} = 30 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 300 \text{ N}$	$F_{\max} = 250 \text{ N}$
for standard coupling 16A-16B, 20, 24	$F_{\min} = 50 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 500 \text{ N}$	$F_{\max} = 250 \text{ N}$
28, 32	$F_{\min} = 100 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 650 \text{ N}$	$F_{\max} = 650 \text{ N}$
36, 40	$F_{\min} = 100 \text{ N}$	-
	$F_{\max} = 650 \text{ N}$	-

NOTE 1 In the case of split-pins made from very hard rust-resisting steels, loads of 300 N and 500 N may sometimes be insufficient to cause movement from the locking to the coupling position. By agreement between the purchaser and the manufacturer, higher value for $F_{\max}$ (up to 650 N for designated size of couplings) can be specified if the live-line working methods used permit such higher loads.

NOTE 2 For designated size of couplings 36 and 40, the values $F_{\min}$ and $F_{\max}$ for W-clips are to be agreed between the purchaser and the manufacturer.

24 Temperature cycle test

24.1 Test procedure for ceramic or toughened glass material

Insulators with their integral metal parts, if any, shall be quickly and completely immersed, without being placed in an intermediate container, in a water bath maintained at a temperature of $85 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ with a minimum of 70 K temperature difference than that of the cold bath used in the rest of the tests and left submerged for a duration T expressed in minutes:

$T = 15 + 0,7 m$ min with a maximum of 30 min for class A insulators (where m is the mass of the insulator in kilograms);

$T = 15$ min for class B insulators.

They shall be withdrawn and quickly and completely immersed, without being placed in an intermediate container, in the cold water bath where they shall remain submerged for the same time. This heating and cooling cycle shall be performed three times in succession. The time taken to transfer from either bath to the other shall be as short as possible and not exceed 30 s.

On completion of the third cycle, the insulators (except toughened glass material) shall be examined to verify that they have not cracked, and shall then be subjected to the following test where applicable:

Class A insulators for which a routine mechanical test is specified:

test according to procedure in Clause 31.

Class B insulators (other than toughened glass):

for 1 min to a power-frequency test according to the procedure described in clause 16.

24.2 Test procedure for of annealed glass

Insulators of annealed glass with their integral metal parts, if any, shall be quickly and completely immersed, without being placed in an intermediate container, in a water bath maintained at a temperature of 35 K higher than that of the artificial rain (ambient temperature ± 15 K) which is used later in the test and left submerged for a period of 15 min in this bath. They shall then be withdrawn and quickly exposed for 15 min to artificial rain of intensity 3 mm/min without other specified characteristics.

The heating and cooling cycle shall be performed three times in succession. The time taken to transfer from the hot bath to the rain or inversely shall not exceed 30 s.

On completion of the third cycle, the insulators shall be examined to verify that they have not cracked, and shall then be subjected to the following test:

Class A insulators for which a routine mechanical test is specified:

test according to procedure in Clause 31;

Class B insulators:

for 1 min to a power-frequency test according to the procedure described in Clause 16.

24.3 Special test procedure for insulators with thick sections or very large insulators

For very large insulators or insulator units with thick sections, the tests described in 24.1 and 24.2 above may be too severe and a test of reduced severity may then be applied by agreement between the purchaser and the manufacturer; 50 K is the temperature change generally suitable for this test. For this purpose, very large rigid insulators or string insulator units shall be considered as those having one of the following dimensions:

L	$> 1200 \text{ mm}$	$L =$	length of insulator
D^2L	$> 80 \times 10^6 \text{ mm}^3$	$D =$	greatest external diameter
d	$> 90 \text{ mm}$	$d =$	core diameter for solid core insulator (see Figure 4a)
ϕ	$> 25 \text{ mm}$	$\phi =$	the greatest thickness defined by the diameter of the greatest circle which can be inscribed within the outline of a section through the axis of the insulator (see Figure 4b)

24.4 Complementary specifications

- For the above tests, the quantity of water in the test tanks shall be sufficiently large for the immersion of the insulators not to cause a temperature variation of more than ± 5 K in the water.
- The restriction against using an intermediate container does not exclude the use of a wire mesh basket having a low thermal mass and giving free access for the water.

24.5 Acceptance criteria

The insulators shall withstand this test without cracking or puncture or mechanical breakage. The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

25 Thermal shock test

25.1 Sample test

25.1.1 Test procedure

The insulators shall be quickly and completely immersed in water at a temperature not exceeding 50 °C, the insulators having been heated by hot air or other suitable means to a uniform temperature at least 100 K higher than that of the water.

The insulators shall remain in the water for at least 2 min.

25.1.2 Acceptance criteria

The insulators shall withstand this test without breakage of the insulating component. The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

25.2 Routine thermal shock test

25.2.1 Test procedure

Two different thermal shocks are applied as routine test:

- Cold to hot thermal shock test: each toughened glass shell shall be brought from ambient temperature to a temperature at least 300 K higher and shall be maintained at this higher temperature for at least 1 minute.
- Hot to cold thermal shock test: Each toughened glass shell shall be quickly and completely immersed in a water at a temperature not exceeding 50 °C, the glass shell having been heated by hot air or other suitable means to a uniform temperature of at least 100 K higher than that of the water.

25.2.2 Acceptance criteria

All shells that fracture shall be rejected.

26 Porosity test

26.1 Test procedure

Ceramic fragments from the insulators or, by agreement, from representative pieces of ceramic fired adjacent to the insulators, shall be immersed in a 3 % solution of red/violet methine dye (such as Astrazon or Basonil) in either methyl or ethyl alcohol under a pressure of not less than $15 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ for a time such that the product of the test duration in hours and the test pressure in newtons per square meter is not less than 180×10^6 .

The fragments shall then be removed from the solution, washed, dried and then again broken.

26.2 Acceptance criteria

Examination with the naked eye of the freshly broken surfaces shall not reveal any dye penetration. Penetration into small cracks formed during the initial breaking shall be neglected. The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

27 Galvanizing test

27.1 General

Unless otherwise specified below, the following ISO standards are applicable for the performance of this test:

ISO 1459 (E), ISO 1460 (E), ISO 1461 (E), ISO 1463 (E), ISO 2064 (E), ISO 2178 (E).

27.2 Test procedure

27.2.1 General

The ferrous parts of the insulators shall be submitted to the appearance test followed by determination of the coating mass using the magnetic test method. In case of difference of opinion about the results using the magnetic method, a decisive test shall be done:

either by the gravimetric method for castings and forgings and for washers by agreement; in this case the requirements of ISO 1460 are used;

or by the microscopical method for bolts, nuts and washers; in this case, the requirements of ISO 1463 are used.

27.2.2 Appearance

The parts shall be submitted to a visual inspection.

27.2.3 Determination of the coating mass by the magnetic test method

This test shall be made under the conditions prescribed in ISO 2178:2016, in particular clause 3: Factors affecting the measuring accuracy; and clause 4: Calibration. These clauses are very important in order to obtain accurate measurements.

On each sample to be tested, three to ten measurements shall be carried out according to its dimensions. These measurements shall be uniformly and randomly distributed over the whole sample, avoiding edges and sharp points.

NOTE The determination of the coating mass by the magnetic method is non-destructive, simple, quick, sufficiently exact, and in most cases adequate. Therefore, this method is specified as the basic test.

27.3 Acceptance criteria

27.3.1 Acceptance criteria for the appearance test

The coating shall be continuous, as uniform and as smooth as possible (in order to prevent injury during handling) and free from anything that is detrimental to the stated use of the coated object (see subclause 5.4.2 of ISO 1459:1973).

Small uncoated spots are permissible. The maximum area of one uncoated spot may be 4 mm², but the whole uncoated surface shall be not more than 0,5 % of the approximate total surface of the metal part with a maximum of 20 mm².

The coating shall be sufficiently adherent to withstand handling consistent with the normal use of the article, without peeling or flaking.

The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

NOTE Parts with screw-threads are galvanized after threading. Nuts, etc., are tapped and protected after galvanizing, unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer.

27.3.2 Acceptance criteria for the value of coating mass

The coating mass value given by the arithmetic average of measurements shall be not less than that specified below.

The following standard minimum values are applicable unless purchaser and manufacturer have agreed beforehand on higher values (e.g., 500 g/m² as an average value on any individual sample for bolts, nuts and washers) if these materials are to be used in unusually severe conditions.

Minimum average coating mass:

- for iron and steel castings and forgings:
600 g/m² for all samples, with 500 g/m² on any individual sample.
- for bolts, nuts and washers:
375 g/m² for all samples, with 300 g/m² on any individual sample.

NOTE For guidance, the approximate thicknesses equivalent to the above values are

600 g/m² = 85 µm

500 g/m² = 70 µm

375 g/m² = 54 µm

300 g/m² = 43 µm

However, if the average value for all samples is satisfactory and if the average value of only one individual sample is not satisfactory, a re-test is made by the same procedure according to 8.3. If the result on each individual sample is satisfactory, but the average value for the samples is not satisfactory, a decisive test should be made by either the gravimetric or the microscopical method (see 27.2).

28 Zinc sleeve test (if applicable)

28.1 General requirements concerning the zinc sleeve

The sleeve shall be formed from zinc having a purity of not less than 99,8 %. The bonded area of the sleeve shall be a minimum of 80 % of the sleeve/pin interfacial area. The exposed part of the sleeve shall have a mass of at least 5 g. Approximately 50 % of the total length of the sleeve shall be exposed.

28.2 Type test procedure

The manufacturer shall provide certification of the purity of the zinc used to make the sleeves.

Each insulator shall be subjected to a tensile load equal to 65 % of the specified (electro-) mechanical failing load and be maintained at this load for 1 min. The load shall be removed, the pin disassembled and the sleeve examined for cracks.

The sleeved pin is deemed to be satisfactory if following the application of the load there are no radial cracks in the sleeve or circumferential cracks at the sleeve/pin interface.

The pins are then subjected to a tensile load until failure occurs. The bond surface shall be examined and shall be not less than 80 % of the sleeve/pin interface (the bonded area has a dull, non-reflective surface).

28.3 Sample test procedure

The manufacturer shall provide certification of the purity of the zinc used to make the sleeves.

The quantity of pins equal to half the E1 sample size shall be tested. These pins may be taken from the insulators which have been submitted to the (electro-) mechanical failing load sample test.

The exposed mass of zinc shall be greater than 5 g.

The quality of the metallurgical bond shall be established by mechanically stripping the sleeve from the pin. The sleeves may be conveniently stripped from the pin by loading the pins to the ultimate strength.

The bond surface shall be examined and shall be not less than 80 % of the sleeve pin interface (the bonded area has a dull, non-reflective surface).

The re-test procedure in 8.3 applies to this test.

29 Routine visual inspection

29.1 General

Each insulator shall be examined. The mounting of the metallic parts on the insulating parts shall be in accordance with the drawing.

29.2 Insulators with ceramic insulating parts

The colour of the insulator shall correspond approximately to the colour specified on the drawing. Some variation in the shade of the glaze is permitted and shall not justify rejection of the insulator. This is valid also for areas where the glaze is thinner and therefore lighter, for example, on edges with small radius.

The areas to be glazed, as specified on the drawing, shall be covered by a smooth and shining hard glaze free from cracks and other defects prejudicial to satisfactory performance in service.

Glaze defects are spots without glaze, chips, inclusions in the glaze and pinholes. The tolerances on visual defects indicated below apply to each insulator unit.

The total area of glaze defects on each insulator unit shall not exceed:

$$100 + \frac{D \times F}{2000} \text{ mm}^2$$

The area of any single glaze defect shall not exceed:

$$50 + \frac{D \times F}{20000} \text{ mm}^2$$

where D is the greatest diameter of the insulator, in millimetres, and F is the creepage distance of the insulator, in millimetres.

Glaze defects are not allowed on the core of solid core long rod insulators.

On the core of other solid core insulators single spots without glaze shall not exceed 25 mm². Inclusions in the shed glaze (for instance sagger dirt on the upper shed) shall not exceed a total area of 25 mm² nor shall any single inclusion protrude more than 2 mm from the surface.

Accumulations of inclusions (for example, grains of sand) are considered as a single glaze defect. The area of their surrounding envelope shall be included in the total area of glaze defects.

Very small pinholes, of less than 1,0 mm, diameter (for example, those caused by particles of dust during glazing) shall not be included in the total area of glaze defects. However, in any area of 50 mm × 10 mm the number of pinholes shall not exceed 15. Furthermore, the total number of pinholes on the insulator unit shall not exceed:

$$50 + \frac{D \times F}{1500} \text{ mm}^2$$

where D and F are defined above.

29.3 Insulators with glass insulating parts

The insulating part shall have no surface defects such as chips, surface inclusions, cracks, fold and bubbles larger than the following criteria:

Chips and surface inclusions:

- The total area of chips and surface inclusions on each unit shall not exceed:

$$100 + \frac{D \times F}{2000} \text{ mm}^2$$

- The area of any single chips or surface inclusion shall not exceed:

$$50 + \frac{D \times F}{20000} \text{ mm}^2$$

Where D is the greatest diameter, in millimetres, and F is the creepage distance of the insulator, in millimetres.

Cracks and folds:

- The length of each crack shall not exceed 10 mm
- The length of each fold shall not exceed 15 mm

The diameter of bubble shall not exceed 5 mm.

30 Impact test

30.1 Test procedure

The cap and pin insulator shall be mounted in the specified test apparatus (see Annex D), with its metallic fittings connected to the connectors of the test apparatus under a tensile load of approximately 9 000 N. The height of the rotation axis of the pendulum shall be so adjusted that, when released, the copper nose will strike the outer rim of the shell squarely in a direction parallel to the axis of the insulator. The impact direction must be from the insulator pin to the cap. The insulator under test shall receive an impact of the specified severity by lifting the mass until the pointer attached to the rod points the desired value on the graded scale, then releasing the mass without altering the free fall, with no imparted acceleration.

30.2 Acceptance criteria

The insulating body of the insulator cannot rupture with lower impact energy than that specified in Table 6, for each model of cap-and-pin insulator. The occurrence of the release of splinters during the impact test is considered as partial disruption of the insulating body and, in this case, the result is considered not satisfactory.

For ceramic insulator the integrity shall be verified with a 1 minute dry power frequency withstand test according to the procedure in Clause 16 or by a dry power frequency flashover test (flashover has to be external).

Table 6 – Acceptance criteria for impact test

SFL ranges (kN)	Impact energy (Nm)
40 to 70	5
100 to 120	6
≥160	10

31 Routine mechanical test

31.1 Routine mechanical test on line post insulators

Routine mechanical test on line post insulators nominal height $H > 600$ mm:

As per IEC 60168 the normal cantilever test load shall be equal to $50 \begin{pmatrix} +10 \\ 0 \end{pmatrix}$ % of the specified mechanical failing load. It shall be applied to the top of the insulator in four mutually perpendicular directions, each for a minimum time of 3 s.

Routine mechanical test on line post insulators nominal height $H \leq 600$ mm:

Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer, a routine mechanical test need not be carried out on line post insulators with a nominal height $H \leq 600$ mm. If test is required, then the normal test load shall be equal to $50 \begin{pmatrix} +10 \\ 0 \end{pmatrix}$ % of the specified mechanical failing load applied in one direction perpendicular to the natural position of the line conductor.

Insulators which break or the metal parts of which are fractured or detached during the test shall be rejected.

NOTE For certain types of insulators made from ceramic material an ultrasonic test after the mechanical routine test may be useful for detecting hidden defects in the insulating material.

31.2 Routine mechanical test on string insulator units

Class A string insulator units shall be subjected for at least 1 min to a tensile load equal to $80 \begin{pmatrix} +10 \\ 0 \end{pmatrix}$ % of the specified mechanical failing load.

Class B string insulator units shall be subjected for at least 3 s to a tensile load equal to $50 \begin{pmatrix} +10 \\ 0 \end{pmatrix}$ % of the specified electromechanical failing load.

Insulators which break or whose metal parts are fractured or become detached during the test shall be rejected.

NOTE For certain types of insulators made from ceramic material an ultrasonic test after the mechanical routine test may be useful for detecting hidden defects in the insulating material.

32 Mounting arrangements for tests on pin insulators

32.1 Standard mounting arrangement for electrical tests

Depending on the type of pin insulator (Clause 3), two mounting arrangements on to the supporting cross-arm are used.

- For pin insulators where the insulating component in service is supported without contact with the supporting structure:

The test specimen shall be mounted on a vertical metal pin of approximately 25 mm diameter of such length that the shortest dry-arcing distance from the upper electrode and/or connected metallic parts to the supporting cross-arm shall be 25 % to 50 % greater than the similar distance to the pin. The pin shall be coaxial with the test specimen. If the insulator has an integral pin, this shall be used.

- For pin insulators where the insulating component in service is in contact with the supporting structure (pin post):

The test specimen shall be attached direct to the supporting cross-arm.

Unless otherwise specified, the supporting cross-arm shall be a horizontal, straight, smooth, earthed, metallic tube or structural member having a horizontal width not less than 76 mm and not more than 152 mm. It shall be placed at least 1 m above the ground.

A conductor not less than 13 mm diameter placed at right angles to the supporting cross-arm and extending in both directions at least twice the insulator height beyond the top shed shall be secured as nearly as possible horizontally in the side groove of the insulator. It shall be secured by means of a metallic wire of approximately 2,5 mm diameter wrapped around the conductor of a length approximately twice the diameter of the top shed and extending equally on each side of the insulator. It shall be of such length that flashover does not occur at its ends. For wet tests the conductor shall be placed so that it is normal to the rain direction and on the side of the insulator nearest the artificial rain spray equipment.

No other object shall be nearer to the insulator than 1 m or 1,5 times the height of the insulator, whichever, is the greater.

If the insulator is provided with a clamp, the conductor shall be placed in the clamp. The test voltage shall be applied between the conductor and earth.

32.2 Mounting arrangements for electrical tests reproducing service conditions

When so agreed at the time of ordering, electrical tests on pin insulators may be made under conditions that reproduce service conditions as closely as possible. The extent to which service conditions are reproduced shall be agreed between the purchaser and the manufacturer, taking into account all factors which may influence the results obtained.

NOTE Under these non-standard conditions, the characteristics may differ from the values measured using the standard method of mounting.

32.3 Mounting arrangement for the mechanical failing load test

If pin and insulating component can be separated, the insulator shall be mounted on a rigidly fixed pin capable of withstanding the specified mechanical failing load without appreciable deformation.

For insulators with integral pin, the test shall be carried out on the complete insulator.

The mechanical load shall be applied perpendicularly to the axis of the insulator in the plane of the conductor by means of a wire rope encircling the side groove. The wire rope shall be placed in such a way that localized stresses in the side groove of the insulator are avoided. If the insulator is supplied with a clamp, the mechanical load shall be applied in a manner to best reproduce service stresses.

33 Coefficients for statistical analysis of the test results on line post Insulators

33.1 Coefficient for type tests

The following coefficient shall be used for the analysis of the type test results of the mechanical failing load test on line post insulators:

$$C_0 = 1,2$$

33.2 Coefficients for sample tests

The coefficients shown in Table 7 shall be used for the analysis of the sample test results of the mechanical failing load test on line post insulators:

Table 7 – Coefficients for sample tests (line post insulators)

Coefficients	Sample size (E1)		
	4	8	12
C_1	1	1,42	1,7
C_2	0,8	1,2	1,5
C_3	1	1,42	1,7

34 Mounting arrangements for tests on line post insulators

34.1 Standard mounting arrangement for electrical tests

The insulator shall be mounted in an upright position at the centre of a horizontal earthed metallic structure made from an inverted U channel. This metallic structure shall have a width approximately equal to the diameter of the base of the insulator under test and shall have a length at least equal to twice the insulator height. It shall be placed at least 1 m above the ground.

No other object shall be nearer to the insulator than 1 m or 1,5 times the height of the insulator, whichever is the greater.

A conductor not less than 13 mm diameter placed at right angles to the supporting cross-arm and extending in both directions at least twice the insulator height beyond the top shed shall be secured as nearly as possible horizontally in the side groove of the insulator. It shall be secured by means of a metallic wire of approximately 2,5 mm diameter wrapped around the conductor for a distance of approximately twice the diameter of the top shed and extending equally on each side of the insulator. It shall be of such length that flashover does not occur at its ends. For wet tests the conductor shall be placed so that it is normal to the rain direction and on the side of the insulator nearest the artificial rain spray equipment.

If the insulator is provided with a clamp, the conductor shall be placed in the clamp. The test voltage shall be applied between the conductor and earth.

34.2 Mounting arrangements for electrical tests reproducing service conditions

When so agreed at the time of ordering, electrical tests on line post insulators may be made under conditions that reproduce service conditions as closely as possible. The extent to which service conditions are reproduced shall be agreed between the purchaser and the manufacturer, taking into account all factors which may influence the results obtained.

NOTE Under these non-standard conditions, the characteristics may differ from the values measured using the standard method of mounting.

34.3 Mounting arrangement for the mechanical failing load test

Line post insulators shall be mounted on a rigidly fixed frame capable of withstanding without appreciable deformation the loads to which it will be subjected during the test. The same strength attachment stud or bolt(s) shall be used in type and sample tests. If the stud or bolt(s) are separable, the strength of these parts can be increased when testing for the failing load of the line post insulator.

The mechanical load shall be applied perpendicularly to the axis of the insulator and to the axis of the conductor. For insulators without metal fittings at the top, the load shall be applied by means of a wire rope encircling the side groove. The wire rope shall be placed in such a way that localized stresses in the side groove of the insulator are avoided. For insulators provided with metal fittings at the top, the load shall be applied to these fittings. If the insulator is provided with a clamp, the mechanical load shall be applied in a manner that best reproduces service stresses.

35 Coefficients for statistical analysis of the test results on string insulator units

35.1 Coefficient for type tests

The following coefficient C_0 shall be used for the analysis of the type test results of the mechanical failing load, the electromechanical failing load, and thermal-mechanical performance tests on string insulator units:

Sample size = 5

$$C_0 = 1,2$$

Sample size = 10

$$C_0 = 0,72$$

35.2 Coefficients for sample tests

The coefficients shown in Table 8 shall be used for the analysis of the sample test results of the mechanical failing load, the electromechanical failing load and thermal-mechanical performance tests on string insulator units:

Table 8 – Coefficients for sample tests (string insulator units)

Coefficients	Sample size (E1)		
	4	8	12
C_1	1	1,42	1,7
C_2	0,8	1,2	1,5
C_3	1	1,42	1,7

36 Mounting arrangements for electrical tests on string insulator units

The mounting arrangements as detailed are applicable to electrical tests on:

- string insulator unit,
- short standard strings consisting of cap and pin units or long rod units,
- long rod string insulator units greater than 1 m in length or long rod units intended for use as a string.

The string insulator unit or insulator string shall be suspended vertically by means of an earthed wire rope or other suitable conductor from a supporting structure. The distance between the uppermost point of the insulator metalwork and the supporting structure shall be not less than 1 m. No other object shall be nearer to the insulator than 1,5 times the length of the string insulator unit and insulator string.

A length of conductor in the form of a straight, smooth metal rod or tube shall be attached to the lower integral fitting of the string insulator unit or insulator string so that it lies in a horizontal plane. The distance from the lowest shed of the porcelain or glass part to the upper surface of the conductor shall be as short as possible but greater than 0,5 times the diameter of the lowest insulator.

NOTE In case of RIV testing of string insulator unit in a Faraday cage the conductor can be omitted.

The diameter of the conductor shall be 25 mm. The length of the conductor shall be 3 m.

Precautions shall be taken to avoid flashover from the ends of the conductor.

The test voltage shall be applied between the conductor and earth.

37 Mounting arrangements for electrical tests on Insulators for overhead electric traction lines

37.1 Standard mounting arrangement

- Vertical insulator

The insulator shall be hung vertically from an earthed support by means of a wire rope or metal rod. The distance between the top of the insulator cap and the point of support shall be not less than 1 m. At the lower end of the insulator a metal rod 1 m long shall be attached to the insulator and maintained in a vertical position.

No object shall be nearer to the axis of the insulator or the end of the metal rod than 1 m or 1,5 times the length of the insulator, whichever is the greater.

The test voltage shall be applied between the metal rod at the bottom of the insulator and the earthed point of suspension.

– Horizontal insulator

The insulator shall be anchored by means of a cable or metal rod connected to earth. The distance between the outer end of the insulator fitting and the point of anchorage shall be not less than 1 m. The other end of the insulator shall be provided with a metal rod about 1 m long and the whole arrangement maintained in an approximately horizontal position by any convenient means.

No object shall be nearer to the axis of the insulator or the end of the metal rod than 1 m or 1,5 times the length of the insulator, whichever is the greater.

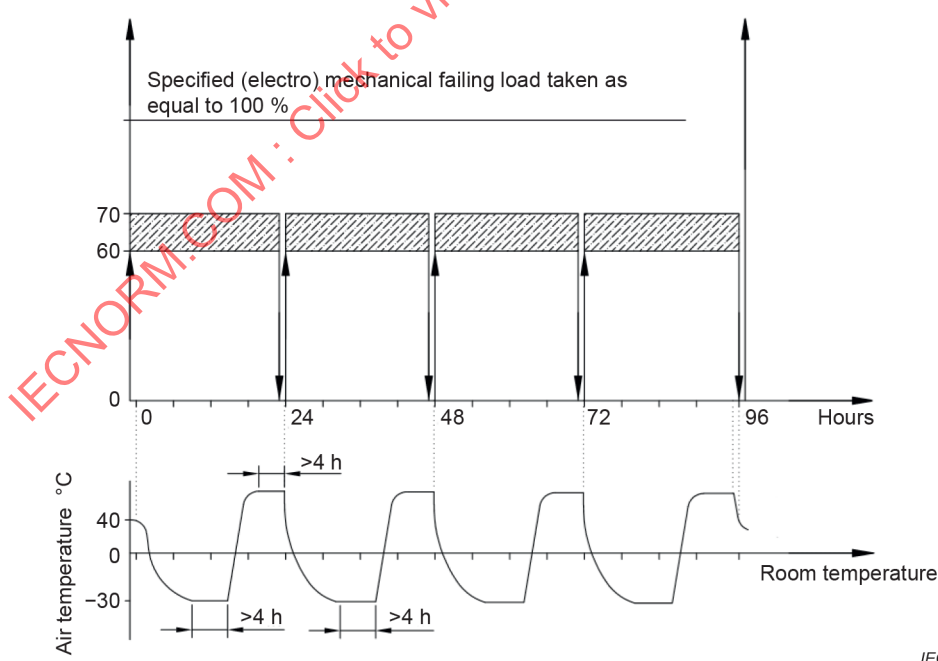
The test voltage shall be applied between the end of the metal rod and the earthed point of anchorage.

37.2 Mounting arrangement representing service conditions

When so agreed at the time of ordering, tests on insulators for overhead electric traction lines may be made under conditions that reproduce service conditions as closely as possible. The extent to which service conditions are imitated shall be agreed between the purchaser and the manufacturer, taking into account all factors which may influence insulator performance.

NOTE Under these non-standard conditions, the characteristic may differ from the values measured using the standard method of mounting.

(Electro) mechanical failing load test



IEC

Figure 1 – Schematic representation of the thermal-mechanical performance test

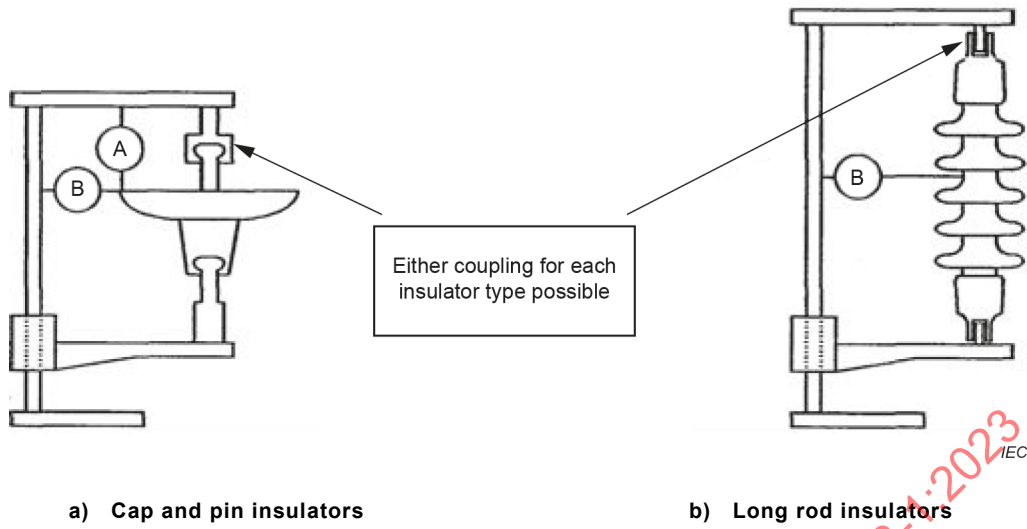


Figure 2 – Measurement of axial and radial displacements

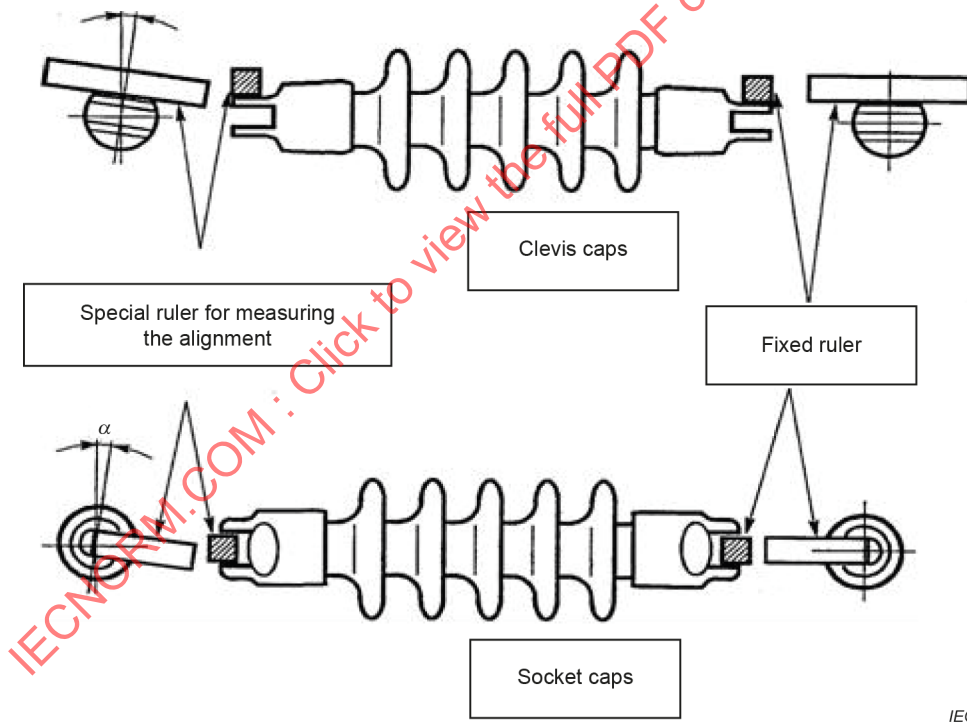
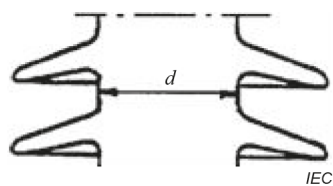
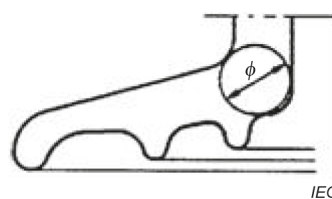


Figure 3 – Measurement of angular displacement



d = core diameter

a) Long rod/solid core insulators



ϕ = the greatest thickness of the insulator

b) Cap and pin insulators

Figure 4 – Greatest thickness of the insulator

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Annex A (informative)

Method of comparison of the results of electromechanical or mechanical type and sample tests

To verify that the insulators tested in a type test are representative of those tested in a sample test, the mean values (student test) and the standard deviations (χ^2 test) shall be compared.

- $\bar{X}_1$: Mean failing load from sample test
- $\bar{X}_2$: Mean failing load from re-test
- σ_1 : Standard deviation from sample test
- σ_2 : Standard deviation of re-test
- $\bar{X}_T$: Mean failing load from type test
- σ_T : Standard deviation from type test

NOTE When calculating the standard deviation (attention is drawn to the fact that it is the sample standard deviation where the denominator is $n-1$).

If the limits given below are met, the insulators have a high probability (95 %) of belonging to the same type. The limits are based on the sample size of 5 or 10 for the type test. Failure to comply with these limits shall not lead to rejection of the lot.

- For the case without re-test

$$|\bar{X}_T - \bar{X}_1| \leq a\sqrt{\sigma_T^2 + b + \sigma_1^2} \text{ and } \frac{\sigma_1}{\sigma_T} < c$$

The values for constants a, b and c are given in Table A.1

Table A.1 – Values for constants a, b and c

Constants	Type test on 5 units			Type test on 10 units		
	E1 sample size			E1 sample size		
	4	8	12	4	8	12
a	1,20	0,76	0,59	1,12	0,75	0,60
b	0,75	1,75	2,75	0,33	0,78	1,22
c	2,57	2,47	2,44	1,96	1,81	1,76

- For the case with re-test

$$|\bar{X}_T - \bar{X}_2| \leq a\sqrt{\sigma_T^2 + b + \sigma_2^2} \text{ and } \frac{\sigma_2}{\sigma_T} < c$$

The values for constants a, b and c are given in Table A.2.

Table A.2 – Values for constants a, b and c (re-test)

Constants	Type test on 5 units 2 × E1 sample size			Type test on 10 units 2 × E1 sample size		
	8	16	24	8	16	24
a	0,76	0,49	0,39	0,75	0,51	0,41
b	1,75	3,75	5,75	0,78	1,67	2,56
c	2,47	2,42	2,40	1,81	1,74	1,71

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Annex B (informative)

Illustration of the mechanical and electromechanical test acceptance procedure for string insulator units and line post insulators

B.1 Flow charts

The flow charts illustrate the acceptance procedure for the type (Figure B.1) and sample (Figure B.2) tests when statistical evaluation is made by variables. Figure B.3 shows the flow chart for the comparison of type and sample test results.

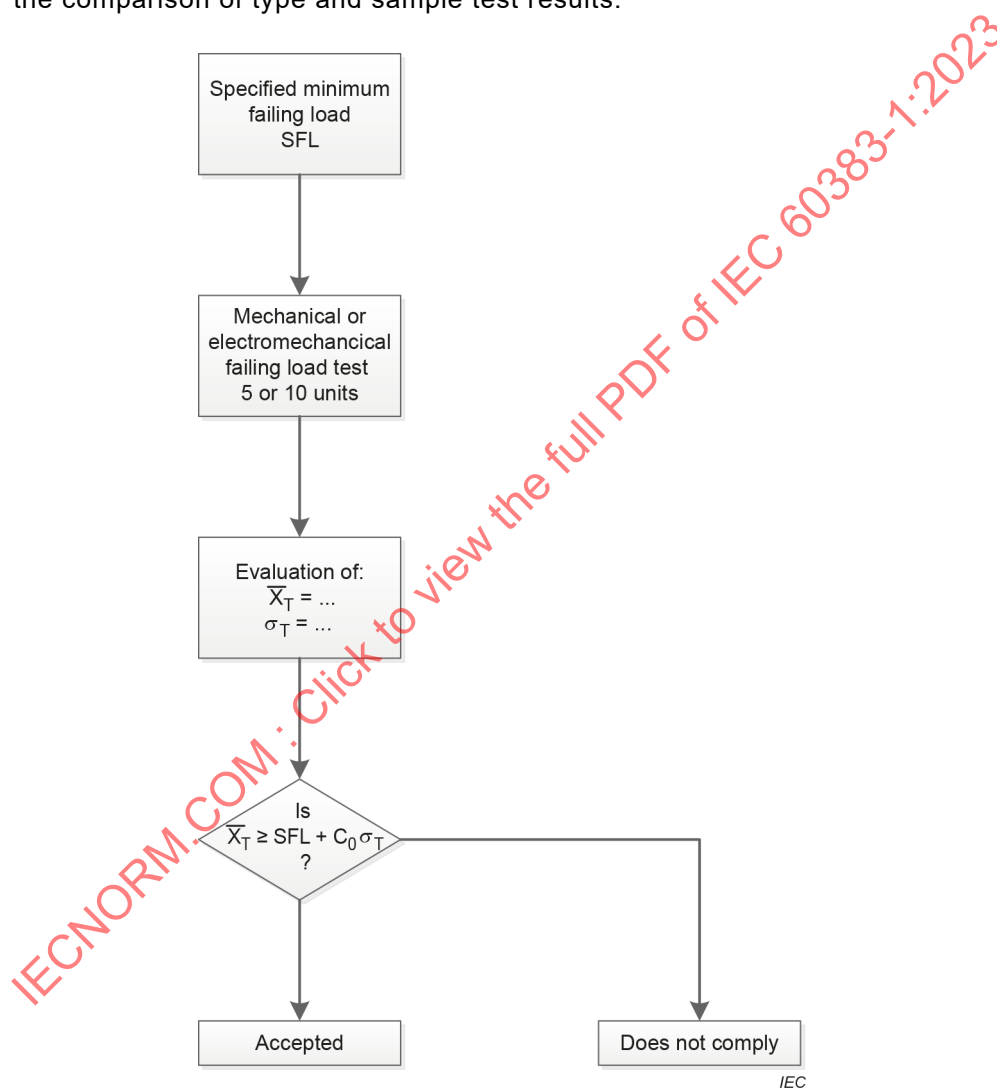


Figure B.1 – Acceptance flow chart for mechanical or electromechanical type tests

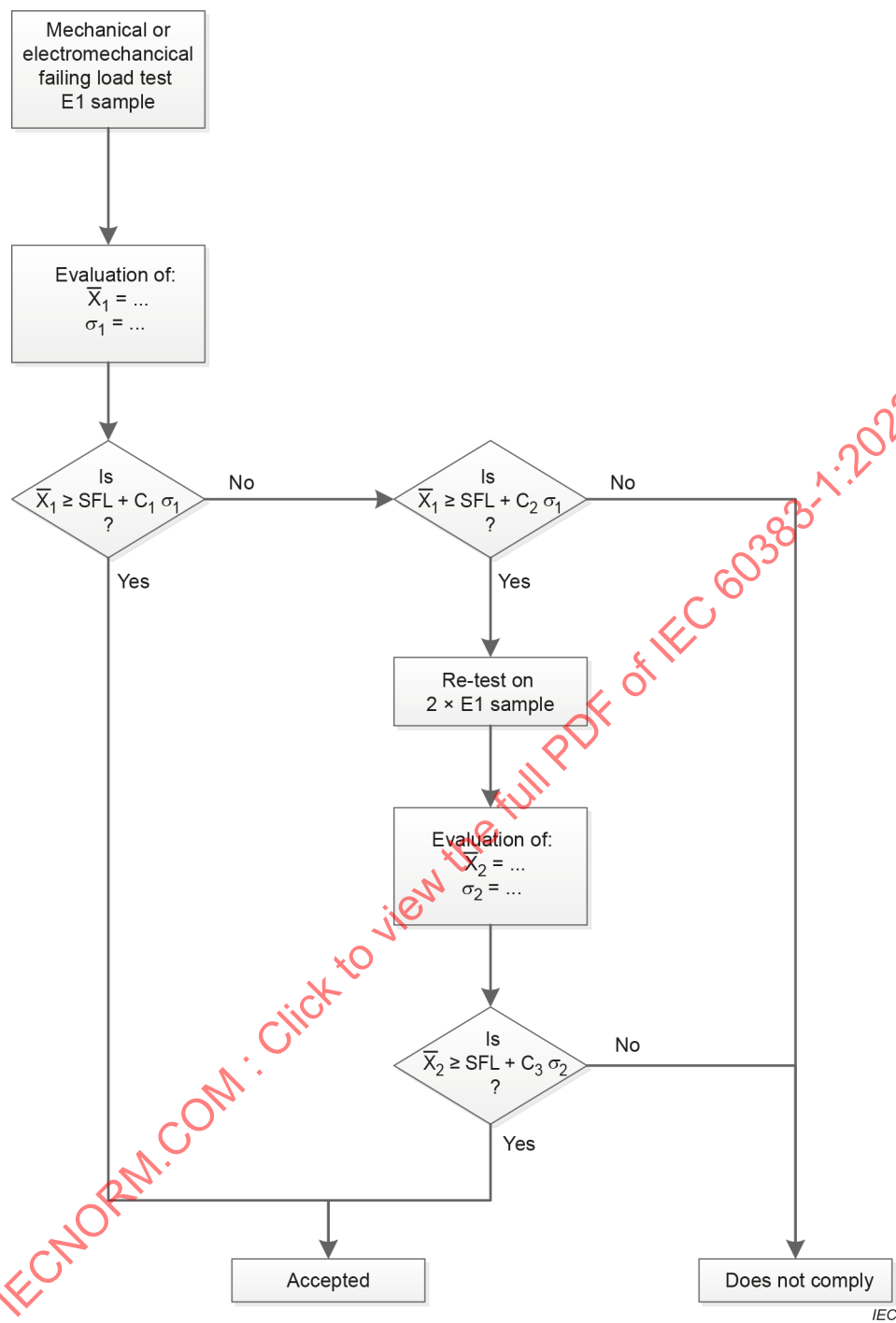


Figure B.2 – Acceptance flow chart for mechanical or electromechanical sample tests

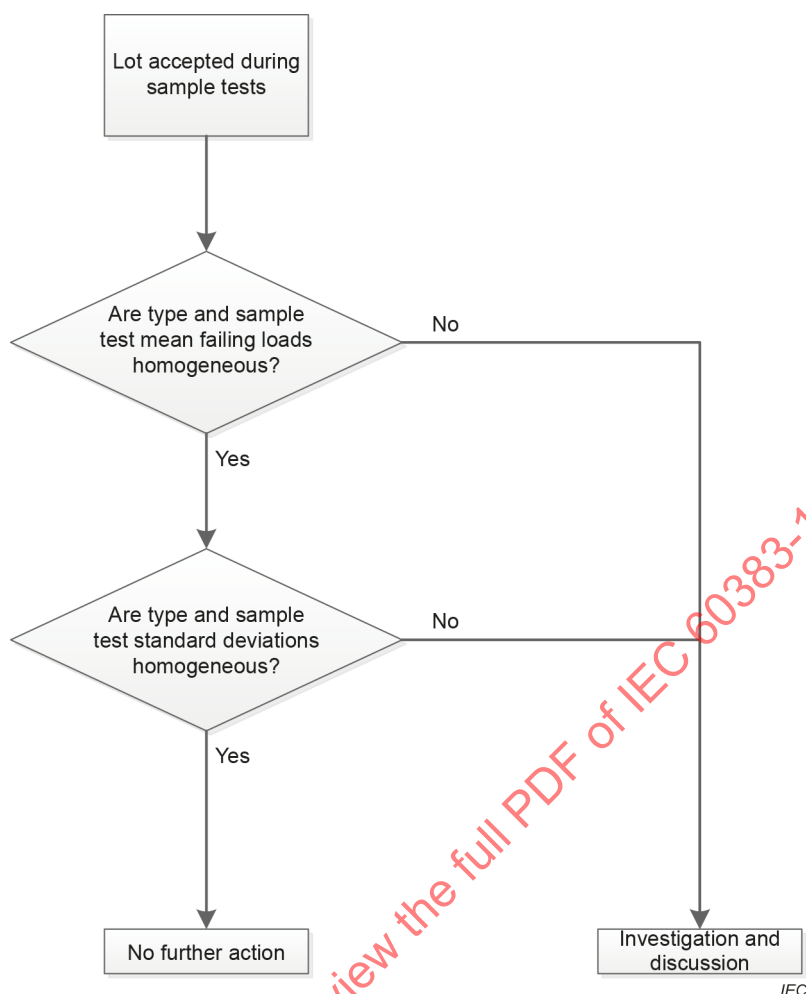


Figure B.3 – Flow chart of the comparison of type and sample tests

B.2 Calculated examples of acceptance and rejection

The statistical evaluation of test results by "variables" calls for a certain rethinking of ideas associated with conventional tests by attributes. In order to assist understanding, four illustrations are given in Table B.1 which show the calculation of the mean value and the standard deviation of various test results.

Example 1 shows that a lot may be accepted even if the minimum value is lower than the specified failing load.

In example 2 the minimum value is higher in all cases, yet acceptance is only reached after a re-test.

Example 3 is similar, however the lot is rejected without possibility of a re-test.

Example 4 illustrates acceptance, but the type and sample test results are not homogeneous. Investigation may be necessary.

Table B.2 is a blank table which may be used for evaluation of real test results.

NOTE When calculating the standard deviation s , attention is drawn to the fact that it is the sample standard deviation where the denominator is $n-1$.

Table B.1 – Examples for mechanical and electromechanical sample tests

Specified failing load SFL = 180 kN

Mean value of type test $\overline{X}_T = 249$ kNStandard deviation of type test $\hat{\sigma}_T = 30,23$ kN

Example No	Sample sizes		Test values				Evaluation	Results	Comparison of type and sample test (Annex A)
			kN				kN		
	E1	E1x2							
1	4	-	222,0	174,5	249,3	223,2	$\overline{X}_1 = 217,25$ $\hat{f}_1 = 31,6$ $SFL + C_1 \hat{f}_1 = 211,16$ $\overline{X}_1 > SFL + C_1 \hat{f}_1$	Accepted	$\overline{X}_T = \overline{X}_1$ $\hat{f}_T = \hat{f}_1$
2	12	-	253,7	181,0	331,6	229,9	$\overline{X}_1 = 246,47$ $\hat{f}_1 = 43,26$ $SFL + C_1 \hat{f}_1 = 253,54$ $\overline{X}_1 < SFL + C_1 \hat{f}_1$ $SFL + C_2 \hat{f}_1 = 244,89$ $\overline{X}_1 > SFL + C_2 \hat{f}_1$	Does not comply <	

Table B.2 – Blank form for calculation for mechanical and electromechanical sample tests

Specified failing load $SFL = \dots \text{ kN}$
 Mean value of type test $\overline{X_T} = \dots \text{ kN}$
 Standard deviation of type test $\hat{\sigma}_T = \dots \text{ kN}$

Example No	Sample sizes		Test values				Evaluation	Results	Comparison of type and sample test (Annex A)
	E1	E1x2	kN				kN		
First test	...	-	...	...	...	...	$\overline{X_1} = \dots$ $\hat{\sigma}_1 = \dots$ $SFL + C_1 \hat{\sigma}_1 = \dots$ $\overline{X_1} \dots SFL + C_1 \hat{\sigma}_1$ $SFL + C_2 \hat{\sigma}_1 = \dots$ $\overline{X_1} \dots SFL + C_2 \hat{\sigma}_1$		
Retest	-	...	...	...	...	...	$\overline{X_2} = \dots$ $\hat{\sigma}_2 = \dots$ $SFL + C_3 \hat{\sigma}_2 = \dots$ $\overline{X_2} \dots SFL + C_3 \hat{\sigma}_2$		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Annex C (informative)

Coatings on ceramic or glass insulators

C.1 General

Coatings applied to insulators are today widely used. This informative annex describes additional tests to be performed on insulators coated with silicone rubber. CIGRE B2.69 issued a technical brochure (TB 837) in June 2021 and Annex C is to a large extent based on this TB. The IEC has decided to write a technical specification on coatings on ceramic or glass insulators. When the technical specification is issued, this informative annex will be deleted.

Silicone coatings on toughened glass or ceramic cap and pin and ceramic long rod insulators are largely used today for highly contaminated areas. While chemistries and application methods vary, some key properties have been clearly identified to be critical for the evaluation of the quality of the application as well as the ageing properties of the coating itself.

Various application methods exist, either spray or dipping and insulators are coated either in the field or in a factory. Details of the application methods in the factory are proprietary to the various suppliers, with the processes being more or less automated. On site coatings can be less effective over time given the preparation of the surface and the consistency of the deposit.

C.2 Material fingerprinting and ageing performance

The silicone material itself can be screened through a selection of tests described in CIGRE technical brochure TB 595 and TB 837:

- Thermogravimetric analyses (TGA) to determine the amount of fillers such as ATH (Alumina trihydrate)
- Infrared spectrometry (FTIR) to determine the type of polymer and filler
- Dynamic differential Scanning Calorimetry (DSC) to determine the type of polymer based on calorimetric techniques
- Specific gravity which is very stable and help spotting the possible changes in fillers (ISO 1183)
- Tracking and erosion can be evaluated using IEC 60587
- Hydrophobicity tests in accordance with IEC TR 62039

Ageing of the final silicone coated insulator can be evaluated using a 2000 h multi stress test (CIGRE TB 837 clause 4.2.2.2.3). Also tracking and erosion and the transfer and retention of hydrophobicity can be evaluated in accordance with IEC 62217.

C.3 Type testing

The type tests for silicone coated insulators consist of all the tests described in Clause C.2 for the material itself. For coated insulators the following tests apply:

- Hydrophobicity tests in accordance with IEC TR 62039
- Adhesion
- Visual inspection
- Thickness
- Tracking and erosion test

The multi stress test mentioned in Clause C.2 needs to be performed simultaneously on a vertical and horizontal string. The tests of Clause C.7 need to be performed on 5 insulators. For toughened glass insulators, all five units must be destroyed with a hammer after thickness and adherence tests to validate the ability of a glass insulator to lose the outer body which must fall down and detach from metal parts and cement once broken.

C.4 Sample testing

To assess the quality of a batch a sampling type needs to be tested as per Clause C.7 on 5 units (except tracking and erosion).

C.5 Routine testing

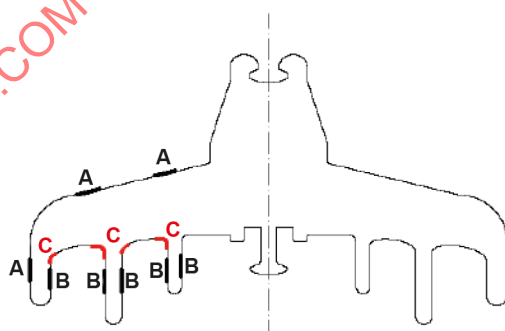
Only visual inspection is required.

C.6 Pollution performance

Like all silicone housing materials, hydrophobicity has a dynamic impact on the performance under pollution when tested in a laboratory. The evaluation of the performance of a silicone coated insulator should be established using proposed methodology for composite insulators e.g. CIGRÉ TB 555 and 691.

C.7 Acceptance criteria

- Coating thickness is to be verified by measurements on different points of the insulator as shown in the example in Figure C.1.
- Adherence of the coating to the insulator dielectric should be tested using ISO 2409 as shown in Figure C.2 (acceptance criteria shown also in Figure C.2).
- Visual aspect of the surface should be assessed. Runs, droplets or uncoated surface are not considered as acceptable.
- Tracking and erosion class shall be 1A4.5 in accordance with IEC 60587.

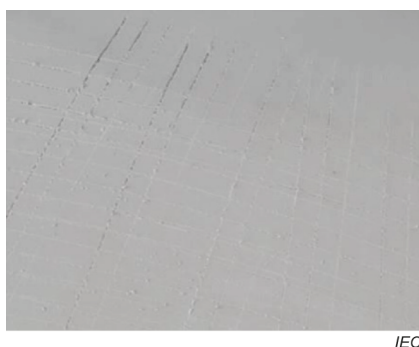


The result is acceptable if:

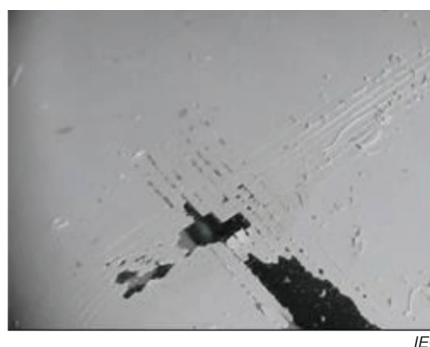
- The average of **A** values is above 350 μm and below 430 μm
- The average of **B** values is above 280 μm and below 380 μm

IEC

Figure C.1 – Example of thickness criteria based on current experience



IEC

Acceptable

IEC

Not acceptable**Figure C.2 – Example of adherence test criteria**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

Annex D (informative)

Impact test

Figure D.1 gives an example of a machine for the impact test.

$$\text{Impact energy} \approx mgl(1 - \sin(90 - \alpha))$$

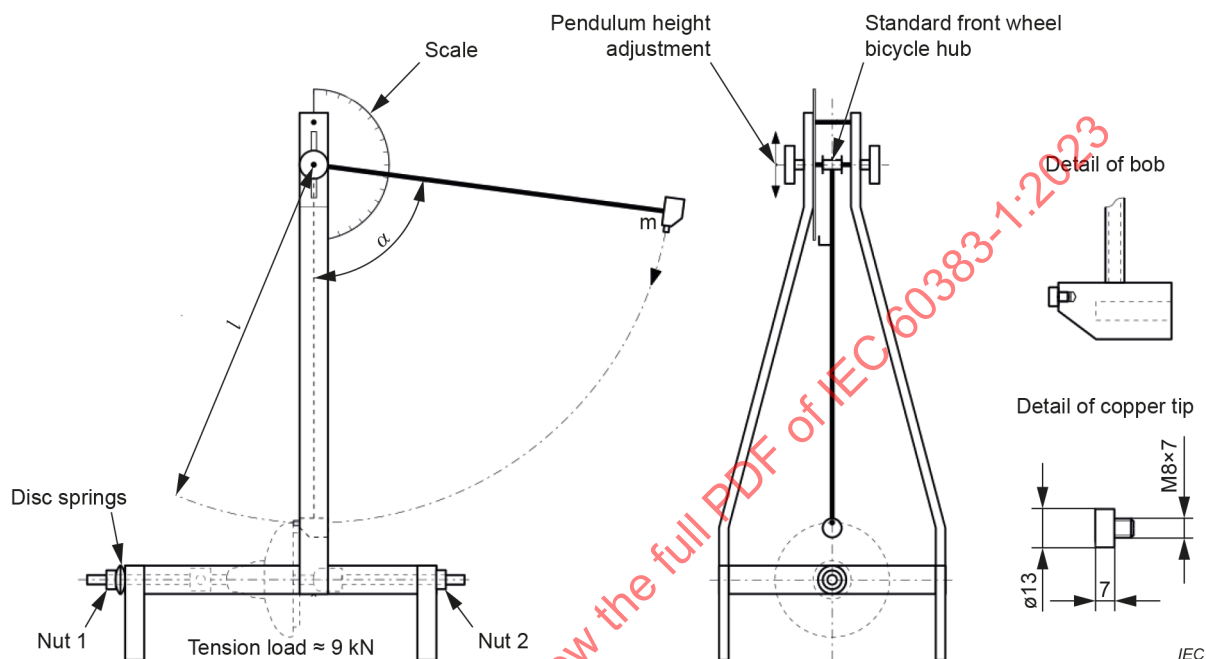


Figure D.1 – Example of equipment for impact testing

NOTE The following definitions apply for Figure D.1

- l length of the pendulum (0,8 to 1,0 m)
- α angle at which the pendulum is released
- m mass of the bob including the rod (kg)

The tension load can be applied either through disc springs or a hydraulic system.

The total weight to be used in the formula of impact energy is the sum of the bob weight with the weight of the rod that sustain the bob. This total weight can be obtained by placing the bob with an angle of 90 degrees and weighting the set (rod and bob).

The bob can also be mounted upside down in case it is required due to the type of insulator (e.g anti-fog type).

The correct position of the insulator should be such that the shock is with the center of the copper tip of the shock mass and that the pendulum movement is in the vertical plane passing through the insulator axis.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	68
INTRODUCTION.....	70
1 Domaine d'application	71
2 Références normatives	71
3 Termes et définitions	72
4 Classification, types d'isolateurs et matériaux isolants.....	76
4.1 Classes d'isolateurs	76
4.2 Types d'isolateurs.....	76
4.3 Matériaux isolants.....	76
5 Identification des isolateurs	76
6 Classification des essais	77
6.1 Essais de type	77
6.2 Essais sur prélèvements	77
6.3 Essais individuels	77
7 Tableaux de sélection des essais à réaliser.....	78
7.1 Isolateurs rigides à tige	78
7.2 Isolateurs rigides à socle	80
7.3 Eléments de chaînes d'isolateurs.....	82
7.3.1 Généralités.....	82
7.3.2 Essais de type spécifiés sur les éléments de chaînes d'isolateurs	82
7.4 Isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique.....	86
8 Procédures pour les essais de type et les essais sur prélèvements	86
8.1 Choix des isolateurs pour les essais de type.....	86
8.2 Règles et procédures d'échantillonnage pour les essais sur prélèvements.....	86
8.3 Contre-épreuve pour les essais sur prélèvements.....	87
9 Exigences générales relatives aux essais électriques.....	87
10 Paramètres de la pluie artificielle pour les essais sous pluie.....	88
11 Montages pour les essais électriques	88
12 Essais de tension aux chocs de foudre à sec.....	88
12.1 Généralités	88
12.2 Procédure d'essai	88
12.3 Critères d'acceptation	89
13 Essai de tension à fréquence industrielle sous pluie	89
13.1 Procédure d'essai	89
13.2 Critères d'acceptation	89
14 Essai de RIV	90
14.1 Procédure d'essai	90
14.2 Critères d'acceptation	90
15 Essai de tenue à la perforation	90
15.1 Généralités	90
15.2 Essais de perforation par chocs dans l'air.....	90
15.3 Essai de tenue à la perforation à fréquence industrielle	91
16 Essai électrique individuel	91
17 Vérification des dimensions	92
18 Essai de rupture électromécanique.....	93

18.1	Procédure d'essai	93
18.2	Critères d'acceptation	93
19	Essai de rupture mécanique	93
19.1	Procédure d'essai pour les isolateurs rigides à tige et à socle.....	93
19.2	Procédure d'essai pour les éléments de chaînes d'isolateurs.....	94
19.3	Critères d'acceptation pour les isolateurs rigides à tige.....	94
19.4	Critères d'acceptation pour les éléments de chaînes d'isolateurs et les isolateurs rigides à socle	94
20	Essai d'endurance thermomécanique	95
20.1	Procédure d'essai	95
20.2	Critères d'acceptation	96
21	Essai de résistance résiduelle	96
21.1	Généralités	96
21.2	Essais précédents.....	96
21.3	Préparation des échantillons	96
21.4	Procédure d'essai	96
21.5	Résultats d'essai	97
21.6	Critères d'acceptation	97
22	Vérification des déplacements axial, radial et angulaire.....	97
22.1	Procédure d'essai	97
22.2	Critères d'acceptation	98
23	Vérification du système de verrouillage.....	99
23.1	Généralités	99
23.2	Conformité du dispositif de verrouillage	99
23.3	Vérification du verrouillage.....	99
23.4	Position du dispositif de verrouillage	99
23.5	Procédure pour l'essai de manœuvre	99
23.6	Critères d'acceptation pour l'essai de manœuvre	100
24	Essai de résistance aux variations brusques de température	100
24.1	Procédure d'essai pour céramique ou verre trempé	100
24.2	Procédure d'essai pour verre recuit.....	101
24.3	Procédure d'essai spécial pour les isolateurs de grandes sections ou les très grands isolateurs	101
24.4	Spécifications complémentaires	102
24.5	Critères d'acceptation	102
25	Essai de choc thermique.....	102
25.1	Essai sur prélèvement.....	102
25.1.1	Procédure d'essai.....	102
25.1.2	Critères d'acceptation.....	102
25.2	Essai de choc thermique individuel	102
25.2.1	Procédure d'essai.....	102
25.2.2	Critères d'acceptation.....	102
26	Vérification de l'absence de porosité	102
26.1	Procédure d'essai	102
26.2	Critères d'acceptation	103
27	Vérification de la galvanisation	103
27.1	Généralités	103
27.2	Procédure d'essai	103

27.2.1	Généralités	103
27.2.2	Aspect	103
27.2.3	Détermination de la masse du revêtement par la méthode magnétique	103
27.3	Critères d'acceptation	103
27.3.1	Critères d'acceptation pour le contrôle d'aspect	103
27.3.2	Critères d'acceptation pour la valeur de la masse de revêtement	104
28	Essai de la bague de zinc (le cas échéant)	104
28.1	Exigences générales concernant la bague de zinc	104
28.2	Procédure pour l'essai de type	104
28.3	Procédure pour l'essai sur prélèvements	105
29	Examen visuel individuel	105
29.1	Généralités	105
29.2	Isolateurs avec parties isolantes en céramique	105
29.3	Isolateurs avec parties isolantes en verre	106
30	Essai d'impact	107
30.1	Procédure d'essai	107
30.2	Critères d'acceptation	107
31	Essai mécanique individuel	107
31.1	Essai mécanique pour les isolateurs rigides à socle	107
31.2	Essai mécanique individuel pour éléments de chaînes d'isolateurs	108
32	Montage pour les essais sur les isolateurs rigides à tige	108
32.1	Montage normalisé pour les essais électriques	108
32.2	Montage d'essai reproduisant les conditions de service pour les essais électriques	109
32.3	Montage pour l'essai de rupture mécanique	109
33	Coefficients pour l'analyse statistique des résultats d'essai sur les isolateurs rigides à socle	109
33.1	Coefficient pour les essais de type	109
33.2	Coefficients pour les essais sur prélèvements	109
34	Montage pour les essais sur les isolateurs rigides à socle	110
34.1	Montage normalisé pour les essais électriques	110
34.2	Montage d'essai reproduisant les conditions de service pour les essais électriques	110
34.3	Montage pour l'essai de rupture mécanique	110
35	Coefficients pour l'analyse statistique des résultats d'essai sur les éléments de chaînes d'isolateurs	111
35.1	Coefficient pour les essais de type	111
35.2	Coefficients pour les essais sur prélèvements	111
36	Montage pour les essais électriques sur les éléments de chaînes d'isolateurs	111
37	Montage pour les essais électriques sur les isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique	112
37.1	Montage d'essai normalisé	112
37.2	Montage reproduisant les conditions de service	112
Annexe A (informative) Méthode de comparaison des résultats des essais électromécaniques ou mécaniques de type et essais sur prélèvement		115
Annexe B (informative) Illustration de la procédure d'acceptation des essais mécaniques et électromécaniques pour les éléments de chaînes d'isolateurs et les isolateurs rigides à socle		117
B.1	Organigrammes	117

B.2 Exemples calculés d'acceptation et de rejet	119
Annexe C (informative) Revêtements sur les isolateurs en céramique ou en verre	122
C.1 Généralités	122
C.2 Empreinte digitale et vieillissement des matériaux	122
C.3 Essais de type	123
C.4 Essais sur prélèvements	123
C.5 Essais individuels	123
C.6 Performance sous pollution	123
C.7 Critères d'acceptation	123
Annexe D (informative) Essai d'impact	125
Figure 1 – Représentation schématique de l'essai d'endurance thermomécanique	113
Figure 2 – Mesure des déplacements axial et radial	113
Figure 3 – Mesure du déplacement angulaire	114
Figure 4 – Épaisseur maximale de l'isolateur	114
Figure B.1 – Organigramme d'acceptation pour les essais mécaniques ou électromécaniques de type	117
Figure B.2 – Organigramme d'acceptation pour les essais mécaniques ou électromécaniques sur prélèvements	118
Figure B.3 – Organigramme de comparaison de résultats des essais de type et des essais sur prélèvements	119
Figure C.1 – Exemple de critères d'épaisseur d'après l'expérience actuelle	124
Figure C.2 – Exemple de critères de l'essai d'adhérence	124
Figure D.1 – Exemple d'équipement pour les essais d'impact	125
Tableau 1 – Tableau de sélection pour les isolateurs rigides à tige	79
Tableau 2 – Table de sélection des isolateurs rigides à socle	81
Tableau 3 – Tableau de sélection des éléments de chaînes d'isolateurs – capot et tige	83
Tableau 4 – Tableau de sélection pour les éléments de chaînes d'isolateurs – long fût	85
Tableau 5 – Tailles d'échantillons pour les essais sur prélèvements	87
Tableau 6 – Critères d'acceptation pour l'essai d'impact	107
Tableau 7 – Coefficients pour les essais sur prélèvements (isolateurs rigides à socle)	109
Tableau 8 – Coefficients pour les essais sur prélèvements (éléments de chaînes d'isolateurs)	111
Tableau A.1 – Valeurs des constantes a, b et c	115
Tableau A.2 – Valeurs des constantes a, b et c (contre-épreuve)	116
Tableau B.1 – Exemples pour les essais mécaniques ou électromécaniques sur prélèvements	120
Tableau B.2 – Formulaire vierge pour le calcul des essais mécaniques ou électromécaniques sur prélèvements	121

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES DE TENSION NOMINALE
SUPÉRIEURE À 1 000 V –****Partie 1: Éléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour
systèmes à courant alternatif –
Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation**

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 brevets.

L'IEC 60383 a été établie par le comité d'études 36 de l'IEC: Isolateurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 1993. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le document entier a été révisé et mis à jour. La mise en page du document a été modifiée pour une meilleure lisibilité;
- b) l'essai de RIV a été ajouté (Article 14);
- c) l'essai de perforation par chocs dans l'air a été ajouté (15.2);
- d) l'essai de résistance résiduelle a été ajouté (Article 21);
- e) l'essai de la bague de zinc a été ajouté (Article 28);
- f) l'essai d'impact a été ajouté (Article 30);
- g) l'Annexe C relative aux revêtements des isolateurs en céramique et en verre, a été ajoutée;
- h) l'Annexe D relative aux essais d'impact a été ajoutée.

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

Projet	Rapport de vote
36/564/FDIS	36/571/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 cette 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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60383, publiées sous le titre général *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 60383 traite de quatre différents types d'isolateurs:

- isolateurs rigides à tige;
- les isolateurs rigides à socle;
- les éléments de chaînes d'isolateurs;
- les isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique.

Certains articles du présent document contiennent des exigences générales et d'autres des essais spécifiques applicables à chacun des isolateurs mentionnés ci-dessus.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60383-1:2023

ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES DE TENSION NOMINALE SUPÉRIEURE À 1 000 V –

Partie 1: Éléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour systèmes à courant alternatif -

Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60383 s'applique aux isolateurs en céramique ou en verre destinés aux lignes aériennes de transport d'énergie et de traction électrique fonctionnant en courant alternatif à une tension nominale supérieure à 1 000 V et à une fréquence maximale de 100 Hz. Elle s'applique également aux isolateurs utilisés sur des lignes aériennes de traction électrique fonctionnant en courant continu.

Le présent document s'applique aux éléments de chaînes d'isolateurs, aux isolateurs rigides de ligne aériennes et aux isolateurs de conception similaire lorsqu'ils sont utilisés dans les sous-stations.

Il ne s'applique ni aux isolateurs utilisés dans les appareillages électriques, ni aux éléments utilisés pour leur construction, ni aux supports isolants qui font l'objet de l'IEC 60168, *Essais des supports isolants d'intérieur et d'extérieur, en matière céramique ou en verre, destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V*.

Les essais des chaînes d'isolateurs et des chaînes équipées (par exemple la tension de tenue aux chocs de manœuvres sous pluie) sont traités dans l'IEC 60383-2.

Le présent document a pour objet:

- de définir les termes employés;
- de définir les caractéristiques des isolateurs et de spécifier les conditions dans lesquelles les valeurs spécifiées de ces caractéristiques doivent être vérifiées;
- de décrire les méthodes d'essai;
- de fixer les critères d'acceptation.

Le présent document ne contient pas d'exigences relatives au choix des isolateurs en fonction des conditions spécifiques de service.

Les exigences spécifiques relatives à l'utilisation de revêtements sur les isolateurs en céramique ou en verre sont décrites dans l'Annexe C, informative.

Les valeurs numériques correspondant aux caractéristiques des isolateurs sont spécifiées dans l'IEC 60305, l'IEC 60433 et l'IEC 60720.

NOTE Un guide pour le choix des isolateurs dans des conditions polluées a été publié voir IEC 60815-1 et -2.

2 Références normatives

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

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

IEC 60120, *Assemblages à rotule des éléments de chaînes d'isolateurs – Dimensions*

IEC 60305, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Éléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour réseaux à courant alternatif – Caractéristiques des éléments d'isolateurs du type capot et tige*

IEC 60372, *Dispositifs de verrouillage pour les assemblages à rotule et logement de rotule des éléments de chaînes d'isolateurs – Dimensions et essais*

IEC 60433, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Isolateurs en céramique pour réseaux à tension alternative – Caractéristiques des éléments d'isolateurs du type à fût long*

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

IEC 60471, *Assemblages à chape et tenon des éléments de chaînes d'isolateurs – Dimensions*

IEC 61211, *Isolateurs en matière céramique ou en verre destinés aux lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Essais de perforation par chocs dans l'air*

ISO 1459:1973, *Revêtements métalliques – Protection contre la corrosion par galvanisation à chaud – Principes directeurs*

ISO 1460, *Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface*

ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 1463, *Revêtements métalliques et couches d'oxyde – Mesurage de l'épaisseur de revêtement – Méthode par coupe micrographique*

ISO 2064, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Définitions et principes concernant le mesurage de l'épaisseur*

ISO 2178:2016, *Revêtements métalliques non magnétiques sur métal de base magnétique – Mesurage de l'épaisseur du revêtement – Méthode magnétique*

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

chaîne d'isolateurs

un ou plusieurs éléments de chaîne assemblés, destinés à maintenir de façon flexible les conducteurs et soumis principalement à des efforts de traction

3.2

isolateur rigide

isolateur destiné à supporter de façon rigide un conducteur d'une ligne aérienne et soumis principalement à des efforts de flexion ou de compression

3.3

isolateur à long fût

isolateur rigide constitué par un corps isolant ayant un fût de forme sensiblement cylindrique, avec ou sans ailettes, et équipé à chaque extrémité de dispositifs de fixation internes ou externes. Il est prévu pour être exposé à des charges en traction

3.4

isolateur à capot et tige

isolateur constitué d'un corps isolant ayant habituellement la forme de disque ou de cloche, avec ou sans ondulations sur sa surface, et équipé de dispositifs de fixation composés d'un capot extérieur et d'une tige intérieure, montés axialement

3.5

isolateur rigide à tige

isolateur rigide composé d'une partie isolante destinée à être montée de façon rigide sur un support au moyen d'une tige pénétrant à l'intérieur de la partie isolante; il est constitué d'une ou plusieurs pièces isolantes assemblées de façon permanente

Note 1 à l'article: La tige peut avoir deux formes de base. Avec la première forme, la partie isolante est fixée à l'extrémité de la tige et ne permet pas le contact de la partie isolante avec le support. Avec la seconde forme, la partie isolante est fixée au moyen de la tige en contact avec le support, soit directement, soit par une plaque intermédiaire, la plaque étant une rondelle séparée ou une partie de la tige (parfois appelée support isolant à tige).

3.6

isolateur rigide à socle

isolateur rigide composé d'une ou de plusieurs parties isolantes assemblées sur un socle métallique et destiné à être monté rigide sur un support. Il est prévu pour être exposé à des charges de flexion, de traction et de compression

3.7

isolateur de traction

isolateur ou chaîne équipée destiné à supporter de façon flexible ou rigide des lignes aériennes de traction électrique. Tous les types d'isolateurs pour lignes aériennes peuvent être utilisés dans ce but

3.8

verre recuit

verre spécialement traité en vue d'éliminer toutes les tensions internes

3.9

verre trempé

verre dans lequel des précontraintes ont été créées en vue d'améliorer ses caractéristiques mécaniques

3.10

lot

groupe d'isolateurs du même fabricant et du même modèle, présentés à la réception et produits dans des conditions de fabrication présumées similaires

Note 1 à l'article: Un ou plusieurs lots peuvent être présentés ensemble à la réception; le ou les lots proposés peuvent être constitués d'une fraction ou de la totalité de la commande.

3.11

contournement (d'un isolateur)

décharge disruptive à l'extérieur de l'isolateur, et le long de sa surface, entre les parties soumises normalement à la tension de service

3.12

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

3.13

tension de tenue à fréquence industrielle

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolation du matériel considéré peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées et pendant une durée spécifiée

3.14

charge de rupture électromécanique

charge maximale qui peut être atteinte lorsqu'un élément de chaîne est soumis à essai dans les conditions d'essai prescrites

3.15

charge de rupture mécanique

charge maximale qui peut être atteinte lorsqu'un isolateur est soumis à essai dans les conditions d'essai prescrites

3.16

charge de rupture mécanique spécifiée, CRS

charge mécanique qui provoque la perte des caractéristiques mécaniques d'une partie d'un isolateur, lorsqu'elle est soumise à essai conformément à la norme applicable

Note 1 à l'article: La CRS peut également être utilisée pour une charge de rupture électromécanique spécifiée.

3.17

perforation (d'un isolateur)

décharge disruptive à travers la matière isolante solide de l'isolateur qui entraîne la perte définitive de la rigidité diélectrique

3.18

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 du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

Note 2 à l'article: Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties isolantes d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

Note 3 à l'article: Pour les isolateurs à rainures, par exemple les isolateurs rigides à tige, les mesurages de fuite doivent commencer au centre de la rainure latérale.

3.19

ligne de fuite minimale

ligne de fuite minimale autorisée définie qui ne peut pas être soumise à une tolérance négative spécifiée

3.20**ligne de fuite nominale**

valeur de la ligne de fuite qui peut également être soumise à une tolérance positive ou négative spécifiée

3.21**ligne de fuite nominale minimale**

ligne de fuite minimale autorisée définie qui peut également être soumise à une tolérance négative spécifiée

Note 1 à l'article: La ligne de fuite nominale minimale est une définition qui s'applique normalement aux isolateurs à capot et tige.

3.22**déplacements****déplacement axial**

variation maximale de la position, parallèle à l'axe de l'isolateur, d'un point défini sur la circonférence de l'isolateur considéré pendant une révolution complète autour de l'axe de l'isolateur

déplacement radial

variation maximale de la position, perpendiculaire à l'axe isolant, d'un point défini sur la circonférence de l'isolateur considéré pendant une révolution complète autour de l'axe de l'isolateur

déplacement angulaire

déviations angulaires autour de l'axe de l'isolateur entre des plans correspondants des deux pièces d'assemblage

3.23**chaîne courte normalisée**

chaîne utilisée pour vérifier les caractéristiques d'un élément qui n'ont de signification que pour une chaîne d'isolateurs

<pour les éléments à capot et tige> chaîne d'isolateurs de 5 éléments d'isolateur

<pour les éléments d'isolateurs à long fût> chaîne d'isolateurs comprise entre 1 m et 2 m de longueur pour des éléments d'isolateurs à long fût destinés à être assemblés en chaîne

Note 1 à l'article: Pour les isolateurs à long fût de moins de 1 m de longueur destinés à être utilisés comme chaîne, l'élément même est considéré comme une chaîne courte normalisée.

Note 2 à l'article: La définition d'une chaîne courte normalisée est différente de la définition de chaîne courte de l'IEC 61467.

Note 3 à l'article: Pour les systèmes à chaîne d'isolateurs équipés de moins de 5 isolateurs, la chaîne ayant le nombre réel d'isolateurs doit être prise en compte.

3.24**caractéristique spécifiée**

<domaine> soit la valeur numérique d'une tension ou d'une charge mécanique ou de toute autre caractéristique spécifiée dans une Norme internationale de l'IEC

<domaine> valeur numérique d'une telle caractéristique fixée d'un commun accord entre l'acheteur et le fabricant

4 Classification, types d'isolateurs et matériaux isolants

4.1 Classes d'isolateurs

Selon leur conception, les isolateurs de lignes aériennes sont divisés en deux classes:

- classe A: un isolateur ou élément de chaîne d'isolateurs pour lequel la plus courte longueur du canal de perforation à travers la matière isolante solide est au moins égale à la moitié de la distance d'arc. Un isolateur à long fût avec des ferrures extérieures est un exemple d'isolateur de classe A;
- classe B: un isolateur ou élément de chaîne d'isolateurs pour lequel la plus courte longueur du canal de perforation à travers la matière isolante solide est inférieure à la moitié de la distance d'arc. Un isolateur à capot et tige est un exemple d'isolateur de classe B.

4.2 Types d'isolateurs

Pour les besoins de la présente partie de l'IEC 60383, les isolateurs de lignes aériennes sont divisés en quatre types qui sont:

- les isolateurs rigides à tige;
- les isolateurs rigides à socle;
- les éléments de chaînes d'isolateurs, eux-mêmes divisés en deux sous-types:
 - les isolateurs à capot et tige;
 - les isolateurs à long fût;
- les isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique.

NOTE Les isolateurs pour lignes aériennes de traction sont normalement des isolateurs de l'un des trois premiers types ci-dessus, avec ou sans adaptations spéciales des ferrures, destinés à être utilisés sur les lignes aériennes de traction électrique.

4.3 Matériaux isolants

Les matériaux isolants des isolateurs de ligne aérienne traités par la présente partie sont:

- la céramique, la porcelaine;
- le verre recuit, c'est-à-dire le verre dans lequel les contraintes mécaniques ont été réduites par un traitement thermique;
- le verre trempé, c'est-à-dire le verre dans lequel des contraintes mécaniques contrôlées ont été induites par un traitement thermique.

NOTE 1 Des informations supplémentaires sur la définition et la classification des matériaux isolants à base de céramique ou de verre figurent dans l'IEC 60672-1 et l'IEC 60672-3.

NOTE 2 Le terme "céramique" est utilisé dans la présente partie pour faire référence aux porcelaines et, contrairement à la pratique nord-américaine, ne comprend pas le verre.

5 Identification des isolateurs

Chaque isolateur doit comporter un marquage indiquant le nom ou la marque du fabricant ainsi que l'année de fabrication, sur la partie isolante ou une partie métallique. De plus, chaque élément de chaîne d'isolateurs doit comporter un marquage indiquant la charge de rupture électromécanique ou mécanique spécifiée qui lui est applicable. Ces marquages doivent être lisibles et indélébiles.

Les désignations employées dans l'IEC 60305, l'IEC 60433 et l'IEC 60720 peuvent être utilisées.

6 Classification des essais

6.1 Essais de type

Les essais de type sont destinés à vérifier les caractéristiques principales d'un isolateur qui dépendent principalement de sa conception. Ils ne sont généralement effectués qu'une seule fois sur un petit nombre d'isolateurs pour une nouvelle conception ou un nouveau procédé de fabrication de l'isolateur, puis répétés par la suite uniquement lorsque la conception, le matériau (décrit sur les plans du fabricant) ou le processus de fabrication est modifié. Quand le changement n'affecte que certaines caractéristiques, seuls les essais concernant ces caractéristiques sont à répéter. De plus, il n'est pas nécessaire d'effectuer les essais de type électriques ou mécaniques sur une nouvelle conception d'isolateur si un certificat d'essai valable est disponible pour un isolateur de conception équivalente et du même procédé de fabrication. La notion de conception équivalente, lorsqu'elle est applicable, est indiquée dans les articles ou paragraphes concernés. Les résultats des essais de type sont certifiés soit par des certificats d'essai acceptés par le client, soit par des certificats d'essai validés par un organisme qualifié.

Pour les vérifications de dimension et les essais mécaniques (essai de rupture électromécanique, essai de rupture mécanique, essai d'endurance thermomécanique, essai de résistance résiduelle et essai d'impact), le certificat doit être valide pendant dix ans à partir de la date d'émission. Il n'y a pas de limite temporelle à la validité des certificats concernant les essais de type électriques (tension de tenue aux chocs de foudre à sec, tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie, essai de RIV, essai de tenue à la perforation, essai de perforation par chocs dans l'air).

Dans les limites précisées ci-dessus, les certificats d'essai de type restent valables aussi longtemps qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats des essais de type et ceux d'essais sur prélèvements ultérieurs correspondants. Une méthode de comparaison des résultats des essais de type et sur prélèvements est donnée à l'Annexe A.

Les essais de type ne doivent être effectués que sur des isolateurs provenant d'un lot répondant aux exigences de tous les essais individuels concernés.

6.2 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements sont effectués pour vérifier les caractéristiques d'un isolateur qui peuvent varier avec le procédé de fabrication et la qualité des matériaux de base de l'isolateur. Les essais sur prélèvements sont utilisés comme essais de réception sur un échantillon d'isolateurs prélevés au hasard dans un lot ayant répondu aux exigences des essais individuels correspondants.

NOTE Les coefficients d'acceptation et les tailles d'échantillon utilisés dans la présente partie de l'IEC 60383 pour l'évaluation statistique des résultats par mesures ont été choisis afin de reproduire aussi fidèlement que possible les courbes d'efficacité de la méthode par attributs utilisée dans les éditions précédentes de l'IEC 60383 pour des tailles de lot usuelles. Pour d'autres tailles de lot, les courbes d'efficacité seront différentes. Plus d'informations sur l'évaluation statistique des résultats d'essai et sur le calcul des courbes d'efficacité peuvent être trouvées dans l'ISO 2859-2017, l'ISO 2859/1-1999, l'ISO 2859/2-1985: Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par attributs et l'ISO 3951-2013: Règles d'échantillonnage pour les contrôles par mesures.

6.3 Essais individuels

Les essais individuels sont destinés à éliminer les isolateurs défectueux et sont effectués au cours de la fabrication. Les essais individuels sont effectués sur chaque isolateur.

NOTE Quand, dans certains cas, les essais de type, sur prélèvements et individuels sont effectués en une seule fois sur un isolateur de conception nouvelle, ils sont appelés "essais de prototype". Certains essais sont répétés pendant les essais de type, les essais sur prélèvements et les essais individuels et peuvent ainsi être omis. Les essais à omettre font l'objet d'un commun accord.

7 Tableaux de sélection des essais à réaliser

7.1 Isolateurs rigides à tige

Les essais qui suivent s'appliquent aux isolateurs rigides à tige. Certains essais s'appliquent seulement à certaines classes d'isolateurs ou de matériaux. Pour connaître les essais qui s'appliquent aux isolateurs rigides à tige, il convient de se reporter au tableau de sélection (Tableau 1).

Les chiffres sur la première ligne de chaque case représentent la quantité d'isolateurs à soumettre à chaque essai; les codes E1 et E2 correspondent aux références données aux échantillons en 8.2. La deuxième ligne de chaque case (chiffres en italiques) indique les articles et/ou paragraphes qui s'appliquent à l'isolateur et à l'essai en question.

Les essais de type applicables ne sont à effectuer qu'une seule fois pour un isolateur donné (voir 6.1 pour de plus amples détails). Aucune comparaison des résultats des essais de type et des essais sur prélèvement ne peut être faite de manière satisfaisante pour l'essai de rupture mécanique sur les isolateurs rigides à tige.

Les essais sur prélèvement applicables sont effectués sur les échantillons E1 ou E2, comme indiqué dans le tableau de sélection. Les tailles de ces échantillons doivent être déterminées conformément au 8.2. Les essais sur prélèvement doivent être effectués dans l'ordre indiqué ci-après; cependant, il est possible de réaliser les essais qui s'appliquent uniquement à l'échantillon E1 (ou E2) avant ceux qui s'appliquent à l'autre échantillon, après avoir effectué les essais qui s'appliquent aux deux échantillons.

Les essais individuels applicables doivent être réalisés sur chaque isolateur.

Les montages d'essai spécifiques aux isolateurs rigides à tige sont décrits à l'Article 32.

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur équivalent électriquement est un type d'isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux et par le même procédé et qui possède, en outre, les caractéristiques suivantes:

- la distance d'arc nominale est supérieure ou égale;
- la ligne de fuite nominale est supérieure ou égale;
- le profil des ailettes est le même.

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur équivalent mécaniquement est un isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux, par le même procédé, de la même classe mécanique et utilisant la même conception de liaison entre les parties isolantes et métalliques.

7.2 Isolateurs rigides à socle

Les essais qui suivent s'appliquent aux isolateurs rigides à socle. Certains essais ne s'appliquent qu'à certaines classes d'isolateurs ou de matériaux. Pour connaître les essais qui s'appliquent aux isolateurs rigides à socle, se reporter au tableau de sélection ci-dessous (Tableau 2).

Les chiffres sur la première ligne de chaque case représentent la quantité d'isolateurs à soumettre à chaque essai; les codes E1 et E2 correspondent aux références données aux échantillons en 8.2. La deuxième ligne de chaque case (chiffres en italiques) indique les articles et/ou paragraphes qui s'appliquent à l'isolateur et à l'essai en question.

Les essais de type applicables ne sont à effectuer qu'une seule fois pour un isolateur donné (voir 6.1 pour de plus amples détails).

Les essais sur prélèvement applicables sont effectués sur les échantillons E1 ou E2, comme indiqué dans le tableau de sélection. Les tailles de ces échantillons doivent être déterminées conformément au 8.2. Les essais sur prélèvements doivent être réalisés dans l'ordre indiqué dans le Tableau 2; cependant, il est possible de réaliser les essais qui s'appliquent uniquement à l'échantillon E1 (ou E2) avant ceux qui s'appliquent à l'autre échantillon, après avoir effectué les essais qui s'appliquent aux deux échantillons.

Les essais individuels de série applicables doivent être réalisés sur chaque isolateur.

Les montages d'essai spécifiques aux isolateurs rigides à socle sont décrits à l'Article 34.

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur équivalent électriquement est un type d'isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux et par le même procédé et qui possède, en outre, les caractéristiques suivantes:

- la distance d'arc nominale est supérieure ou égale;
- la ligne de fuite nominale est supérieure ou égale;
- le profil des ailettes est le même.

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur équivalent mécaniquement est un isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux, par le même procédé, de la même classe mécanique et utilisant la même conception de liaison entre les parties isolantes et métalliques.

7.3 Éléments de chaînes d'isolateurs

7.3.1 Généralités

Les essais qui suivent s'appliquent aux éléments de chaînes d'isolateurs. Certains essais ne s'appliquent qu'à certaines classes d'isolateurs ou de matériaux. Pour connaître les essais qui s'appliquent aux éléments de chaînes d'isolateurs, se reporter au tableau de sélection ci-dessous (Tableau 3). Les chiffres sur la première ligne de chaque case représentent la quantité d'isolateurs à soumettre à chaque essai; les codes E1, E2 et E3 correspondent aux références données aux échantillons en 8.2. La deuxième ligne de chaque case (chiffres en italiques) indique les articles et/ou paragraphes qui s'appliquent à l'isolateur et à l'essai en question.

Les essais de type applicables, comme indiqué dans le tableau de sélection ci-après, ne sont à effectuer qu'une seule fois pour un isolateur donné ou pour un isolateur de conception équivalente (voir 6.1 et 7.3.2 pour de plus amples détails).

Les essais sur prélèvement applicables sont à effectuer sur les échantillons E1, E2 ou E3, comme indiqué dans le tableau de sélection. Les tailles de ces échantillons doivent être déterminées conformément au 8.2. Les essais sur prélèvements doivent être réalisés dans l'ordre indiqué ci-dessous; cependant, il est possible de réaliser les essais qui s'appliquent uniquement à l'échantillon E1 (ou E2) avant ceux qui s'appliquent à l'autre échantillon, après avoir effectué les essais qui s'appliquent aux deux échantillons.

Les essais individuels applicables doivent être réalisés sur chaque isolateur fourni. Les montages d'essai spécifiques aux éléments de chaînes d'isolateurs sont décrits à l'Article 36.

7.3.2 Essais de type spécifiés sur les éléments de chaînes d'isolateurs

7.3.2.1 Essais de type électriques sur les éléments de chaînes d'isolateurs

Les essais de type électriques réalisés sur une courte chaîne normalisée sont destinés à fournir une comparaison de comportement, sur une base normalisée, de différents éléments de chaînes d'isolateurs, en tenant compte de l'effet de la présence des éléments adjacents.

NOTE Les valeurs spécifiées et les résultats d'essai obtenus sur des chaînes courtes normalisées ne sont pas nécessairement extrapolables linéairement à des chaînes plus longues. Cependant, si l'essai de tension de tenue est effectué sur deux chaînes courtes de longueurs différentes (par exemple 1 m et 2 m), les résultats peuvent alors être interpolés linéairement afin de fournir des informations sur le comportement des chaînes dont les longueurs sont comprises entre les deux longueurs soumises à essai.

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur équivalent électriquement est un type d'isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux et par le même procédé et qui possède, en outre, les caractéristiques suivantes:

- pour les isolateurs à long fût:
 - le diamètre nominal du fût est le même ou le plus petit
 - le pas nominal des ailettes est le même à ± 5 %
 - la projection des ailettes est la même à ± 5 %
 - le profil des ailettes est le même
 - la ligne de fuite nominale est supérieure ou égale
 - la distance d'arc nominale est supérieure ou égale
- pour les isolateurs à capot et tige:
 - le profil des ailettes est le même
 - la distance d'arc nominale est supérieure ou égale
 - le diamètre de la partie isolante est supérieur ou égal dans la limite de +5 %

- le pas nominal est le même à $\pm 5\%$
- la ligne de fuite nominale est supérieure ou égale

7.3.2.2 Essais de type mécaniques

En ce qui concerne 6.1, un élément d'isolateur mécaniquement équivalent est un isolateur fabriqué dans la même usine, avec les mêmes matériaux, par le même procédé, de la même classe mécanique, de la même norme d'assemblage et utilisant la même conception de liaison entre les parties isolantes et métalliques. De plus, ses caractéristiques sont les suivantes:

- pour les isolateurs à long fût:
 - le diamètre nominal du fût est identique;
- pour les isolateurs à capot et tige:
 - le diamètre nominal est identique ou plus petit.

Tableau 3 – Tableau de sélection des éléments de chaînes d'isolateurs – capot et tige

Matériau		Matière céramique	Verre trempé
Classe		B	B
ESSAIS DE TYPE	Vérification des dimensions	10 ← 17 →	10
	Tension de tenue aux chocs de foudre à sec	1CC ¹⁾ ← 12, 36, 37 →	1CC ¹⁾
	Tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie	1CC ¹⁾ ← 13, 36, 37 →	1CC ¹⁾
	Essai de RIV	3 ← 14 →	3
	Essai de perforation par chocs dans l'air	10 ← 15.2 →	10
	Essai de rupture électromécanique	5+5 ⁶⁾ 18, 35.1	Non applicable
	Essai de rupture mécanique	Non applicable	5+5 ⁶⁾ 19.2, 19.4, 35.1
	Essai d'endurance thermomécanique	10 ← 20, 35.1 →	10
	Essai de résistance résiduelle	25 ← 21, 24.1 →	25
	Essai de la bague de zinc ³⁾	3 ← 28.2 →	3
	Essai d'impact ⁸⁾	3 ← 30 →	3
ESSAIS SUR PRÉLÈVEMENT	Vérification des dimensions ²⁾	E1, E2 ← 17 →	E1, E2
	Vérification des déplacements	E1, E2 ← 22 →	E1, E2
	Vérification du système de verrouillage ³⁾	E2 ← 23 →	E2
	Vérification de la galvanisation	E2 ← 27 →	E2
	Essai de résistance aux variations brusques de température	E1 et E2 ← 24.1 →	Non applicable

Matériau		Matière céramique	Verre trempé
Classe		B	B
	Essai de RIV ⁴⁾	E3	E3
		← 14 →	
	Essai de tenue à la perforation ⁵⁾	E3	E3
		← 15 →	
	Essai de rupture électromécanique	E1 ⁷⁾	Non applicable
		18, 35.2	Non applicable
	Essai de rupture mécanique	Non applicable	E1 ⁷⁾
		Non applicable	19.2, 19.4, 35.2
	Essai de choc thermique	Non applicable	E2
		Non applicable	25
ESSAIS INDIVIDUELS	Examen visuel individuel	E1	Non applicable
		26	Non applicable
	Essai de la bague de zinc ³⁾	Moitié de E1	Moitié de E1
		← 28.3 →	
	Examen visuel individuel	Tous	Tous
		← 29 →	
	Essai mécanique individuel	Tous	Tous
		← 31.2 →	
	Essai électrique individuel	Tous	Non applicable
Essai de choc thermique individuel	Non applicable	Tous	
	Non applicable	25.2	

Légende

N/A: Non applicable

1) 1CC = Essai à réaliser sur une chaîne courte normalisée.

2) E1 et E2 pour le calibrage des assemblages, E2 seulement pour les autres dimensions. Voir l'Article 17.

3) Le cas échéant.

4) Essai intégré comme essai sur prélèvement, car il peut révéler une variation de la qualité. L'essai peut être omis sur la base d'un accord entre le fabricant et l'acheteur si la RIV n'est pas un problème sur le terrain.

5) L'essai préférentiel pour les isolateurs de ligne de transport est "Essai de perforation par chocs dans l'air", sauf si l'essai de tenue à fréquence industrielle dans l'huile avec une résistivité stable et reproductible est disponible.

6) 5 échantillons sont choisis parmi les échantillons soumis à l'essai de perforation par chocs dans l'air – voir 15.2.

7) Une partie des échantillons est choisie parmi les échantillons soumis à l'essai de perforation par chocs dans l'air (E3/2) – voir 15.2 (si l'essai de perforation par chocs dans l'air est sélectionné).

8) L'essai s'applique aux profils "normal" et "pollution" (l'expérience des essais avec d'autres profils est limitée).

Pour les désignations IEC U40B et U40BP, l'essai de RIV et l'essai de perforation par chocs dans l'air ne s'appliquent pas.

Tableau 4 – Tableau de sélection pour les éléments de chaînes d'isolateurs – long fût

Matériau		Matière céramique	
Classe		A	B
ESSAIS DE TYPE	Vérification des dimensions	5	10
		← 16 →	
	Tension de tenue aux chocs de foudre à sec	1 ou CC ¹⁾	1 ou CC ¹⁾
		← 12, 36, 37 →	
	Tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie	1 ou CC ¹⁾	1 ou CC ¹⁾
		← 13, 36, 37 →	
	Essai de perforation par chocs dans l'air	Non applicable	5
		← 15.2 →	
	Essai de RIV	Non applicable	3
		← 14 →	
ESSAIS SUR PRÉLÈVEMENT	Essai de rupture électromécanique	Non applicable	5
		Non applicable	18, 35.1
	Essai de rupture mécanique	5	Non applicable
		19.2, 19.4, 35.1	Non applicable
	Essai d'endurance thermomécanique	5	5
		← 20, 35.1 →	
	Vérification des dimensions ²⁾	E1, E2	E1, E2
		← 17 →	
	Vérification des déplacements	E1, E2	E1, E2
		← 22 →	
	Vérification du système de verrouillage ³⁾	E2	E2
		← 23 →	
	Essai de résistance aux variations brusques de température	E1 et E2	E1 et E2
		← 24.1 →	
	Essai de rupture électromécanique	Non applicable	E1
		Non applicable	18, 35.2
	Essai de rupture mécanique	E1	Non applicable
		19.2, 19.4, 35.2	Non applicable
	Essai de RIV ⁴⁾	Non applicable	E3
		← 14 →	
	Essai de tenue à la perforation ⁵⁾	Non applicable	E3
		Non applicable	15
	Absence de porosité	E1	E1
		← 26 →	
	Vérification de la galvanisation	E2	E2
		← 27 →	

Matériau		Matière céramique	
Classe		A	B
ESSAIS INDIVIDUELS	Examen visuel individuel	Tous	Tous
		← 29.2 →	
	Essai mécanique individuel	Tous	Tous
		← 31.2 →	
	Essai électrique individuel	Non applicable	Tous
		Non applicable	16

Légende

N/A: Non applicable

1) 1 ou CC = Essai à réaliser sur un isolateur ou une chaîne courte normalisée.

2) E1 et E2 pour le calibrage des assemblages, E2 seulement pour les autres dimensions. Voir l'Article 17.

3) Le cas échéant.

4) Essai intégré comme essai sur prélèvement, car il peut révéler une variation de la qualité. L'essai peut être omis sur la base d'un accord entre le fabricant et l'acheteur si la RIV n'est pas un problème sur le terrain.

5) L'essai préférentiel pour les isolateurs de ligne de transport est "Essai de perforation par chocs dans l'air", sauf si l'essai de tenue à fréquence industrielle dans l'huile avec une résistivité stable et reproductible est disponible.

7.4 Isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique

Il n'existe pas de tableau de sélection pour les isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique, car ces isolateurs appartiennent généralement à l'un des trois autres types indiqués. Les essais applicables au type correspondant d'isolateur doivent être réalisés avec l'essai combiné de flexion/traction, lorsque cela est applicable.

Les montages d'essai spécifiques aux isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique sont décrits à l'Article 37.

Outre les essais normalement exigés, un essai de flexion et de traction peut être nécessaire pour les isolateurs qui sont soumis à de telles forces en service. La réalisation de cet essai doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant au moment de la commande. De même, la procédure d'essai, les montages d'essai et les critères d'acceptation doivent également faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. Les essais de RIV sur les isolateurs pour lignes de traction peuvent être omis sur la base d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

8 Procédures pour les essais de type et les essais sur prélèvements

8.1 Choix des isolateurs pour les essais de type

La quantité d'isolateurs à soumettre à essai pour chaque essai, comme indiqué dans le tableau de sélection, doit être prélevée dans un lot d'isolateurs qui répond aux exigences de tous les essais individuels appropriés.

NOTE Cette sélection est normalement effectuée par le fabricant.

8.2 Règles et procédures d'échantillonnage pour les essais sur prélèvements

Pour les essais sur prélèvements, trois groupes sont utilisés: E1, E2 et E3. Les tailles de ces échantillons sont indiquées dans le Tableau 5. Quand plus de 10 000 isolateurs sont concernés, ils doivent être divisés en un nombre optimum de lots égaux comprenant

entre 2 000 et 10 000 isolateurs. Les résultats des essais doivent être évalués séparément pour chaque lot. Pour $N \leq 300$, le nombre d'échantillons est nul.

Tableau 5 – Tailles d'échantillons pour les essais sur prélèvements

Taille du lot (N)	Taille d'échantillon		
	E1	E2	E3
$N \leq 300$	0		
$300 < N \leq 2\,000$	4	3	3
$2\,000 < N \leq 5\,000$	8	4	4
$5\,000 < N \leq 10\,000$	12	6	6

Les isolateurs doivent être choisis au hasard dans le lot. L'acheteur a le droit de choisir lui-même les isolateurs.

Les échantillons doivent être soumis aux essais sur prélèvements applicables indiqués dans le tableau de sélection respectif. Si un échantillon ne satisfait pas à un essai, la procédure de contre-épreuve applicable (voir 8.3) doit être appliquée.

Les isolateurs qui ont été soumis à des essais sur prélèvements qui peuvent affecter leurs caractéristiques mécaniques et/ou électriques ne doivent pas être utilisés en service.

8.3 Contre-épreuve pour les essais sur prélèvements

Lorsque cela est spécifié dans les critères d'acceptation, la procédure de contre-épreuve suivante s'applique pour les essais sur prélèvements.

Si un seul isolateur ou une seule partie métallique ne satisfait pas aux essais sur prélèvements, un nouvel échantillon égal à deux fois la quantité qui avait été soumise à l'origine à cet essai doit être soumis à une contre-épreuve. La contre-épreuve doit comprendre l'essai n'ayant pas donné satisfaction, précédé des essais qui peuvent être considérés comme ayant influencé les résultats de l'essai d'origine.

Si au moins deux isolateurs ou parties métalliques ne satisfont pas à l'un des essais sur prélèvements, ou si une défaillance survient au cours de la contre-épreuve, le lot complet est considéré comme non conforme à la présente partie et doit être retiré par le fabricant.

Si la raison de la défaillance peut être clairement identifiée, le fabricant peut trier le lot afin d'éliminer tous les isolateurs avec ce défaut (dans le cas d'un lot qui a été divisé en lots plus petits, et quand un des plus petits lots ne satisfait pas, l'investigation peut être étendue aux autres lots). Le ou les lots ainsi triés, ou une partie de ceux-ci, peuvent alors être soumis de nouveau aux essais. Le prélèvement alors effectué doit être égal à trois fois la quantité qui avait été choisie initialement pour les essais. La contre-épreuve doit comprendre l'essai n'ayant pas donné satisfaction, précédé des essais qui peuvent être considérés comme ayant influencé les résultats de l'essai d'origine. Si un isolateur ne donne pas satisfaction après la contre-épreuve, le lot complet est considéré comme ne satisfaisant pas à la présente partie.

9 Exigences générales relatives aux essais électriques

Les procédures d'essai et les exigences relatives aux essais électriques des différents types d'isolateurs qui relèvent du domaine d'application de la présente partie de l'IEC 60383 sont décrites ci-dessous. Les listes d'essais, les montages d'essai et les critères d'acceptation sont indiqués dans les articles correspondants pour chaque type d'isolateur.

- Les procédures d'essai pour les tensions aux chocs de foudre et la tension à fréquence industrielle doivent être conformes à l'IEC 60060-1.
- Les tensions aux chocs de foudre doivent être exprimées par leurs valeurs de crête estimées, et les tensions à fréquence industrielle par leurs valeurs de crête divisées par $\sqrt{2}$.
- Lorsque les conditions atmosphériques au moment des essais sont différentes des conditions normales (voir l'IEC 60060-1), il est nécessaire d'appliquer des facteurs de correction conformément à l'IEC 60060-1.
- Les isolateurs doivent être propres et secs avant de commencer les essais à haute tension.
- Des précautions particulières doivent être prises pour éviter la formation de condensation sur la surface de l'isolateur, notamment lorsque l'humidité relative est élevée. Par exemple, l'isolateur doit être maintenu à la température ambiante du local d'essais pendant un temps suffisant pour que l'équilibre thermique soit atteint avant que l'essai ne commence.
Sauf accord particulier entre l'acheteur et le fabricant, les essais à sec ne doivent pas être effectués si l'humidité relative est supérieure à 85 %.
- Les intervalles de temps entre les applications consécutives de la tension doivent être suffisants pour réduire les effets des applications précédentes de la tension lors des essais de contournement ou de tenue.

10 Paramètres de la pluie artificielle pour les essais sous pluie

La procédure normalisée d'essai sous pluie décrite dans l'IEC 60060-1 doit être appliquée. La pluie artificielle doit satisfaire aux exigences de l'IEC 60060-1.

NOTE Lorsque les essais sont effectués sur des isolateurs placés en position horizontale ou inclinée, il convient de trouver un accord entre l'acheteur et le fabricant concernant la direction de la pluie.

11 Montages pour les essais électriques

Les montages d'essai particuliers sont spécifiés dans l'article relatif au type d'isolateur à soumettre à essai.

12 Essais de tension aux chocs de foudre à sec

12.1 Généralités

La procédure normale pour déterminer la tension de tenue aux chocs de foudre à sec des isolateurs individuels et des chaînes courtes normalisées doit être le calcul à partir du niveau à 50 % de la tension de contournement déterminé par la méthode de montée et descente décrite dans l'IEC 60060-1.

NOTE Après accord entre l'acheteur et le fabricant, la tension de tenue peut être vérifiée par la méthode des 15 chocs décrite dans l'IEC 60060-1.

12.2 Procédure d'essai

La tension de choc de foudre normalisée 1,2/50 doit être utilisée (voir l'IEC 60060-1).

L'isolateur doit être soumis à essai dans les conditions spécifiées à l'Article 9.

Des chocs de polarités positive et négative doivent être utilisés.

Le nombre d'isolateurs à soumettre à essai doit être conforme au 8.1.

12.3 Critères d'acceptation

La tension de contournement aux chocs de foudre à 50 % déterminée par la procédure ci-dessus doit être corrigée selon l'atmosphère normalisée de référence conformément à l'IEC 60060-1.

Lorsque l'essai est effectué sur un isolateur ou sur une chaîne courte normalisée, l'isolateur réussit l'essai si la tension de contournement aux chocs de foudre à 50 % n'est pas inférieure à $1/(1 - 1,3\sigma) = 1,040$ fois la tension de tenue aux chocs de foudre spécifiée, où σ est l'écart-type (par hypothèse égal à 3 %).

Lorsque l'essai est effectué sur trois ensembles d'isolateurs, la valeur moyenne des trois tensions de contournement aux chocs de foudre à 50 % est calculée. Les isolateurs réussissent l'essai si la tension de contournement aux chocs de foudre à 50 % n'est pas inférieure à $1/(1 - 1,3\sigma) = 1,040$ fois la tension de tenue aux chocs de foudre spécifiée, où σ est l'écart-type (par hypothèse égal à 3 %).

Les isolateurs ne doivent pas être endommagés par ces essais; mais de faibles traces sur la surface des parties isolantes ou des éclats dans le ciment ou les autres matériaux utilisés pour l'assemblage doivent être tolérés.

13 Essai de tension à fréquence industrielle sous pluie

13.1 Procédure d'essai

Le circuit d'essai doit être conforme à l'IEC 60060-1.

L'isolateur doit être soumis à essai dans les conditions spécifiées aux Articles 9 et 10.

La tension d'essai à appliquer à l'isolateur doit être la tension de tenue spécifiée à fréquence industrielle sous pluie corrigée pour tenir compte des conditions atmosphériques au moment de l'essai. La tension d'essai doit être maintenue à cette valeur pendant 1 min.

Le nombre d'isolateurs à soumettre à essai doit être conforme au 8.1.

NOTE Quand cet essai est effectué sur des isolateurs pour lignes aériennes de traction électrique, la fréquence normale de la tension d'essai est applicable aux isolateurs destinés à une utilisation à d'autres fréquences allant de 0 Hz à 100 Hz.

13.2 Critères d'acceptation

Lorsque l'essai est effectué sur un élément d'isolateur ou une chaîne normalisée, l'essai est réussi si aucun contournement ou aucune perforation ne se produit au cours de l'essai.

Lorsque l'essai est effectué sur trois éléments d'isolateurs, l'essai est réussi si aucun contournement ou aucune perforation ne se produit sur un quelconque élément.

NOTE Si un contournement se produit sur un isolateur soumis à essai, un deuxième essai sur le même élément peut être effectué après vérification des conditions de pluie.

À titre d'information et sur demande spéciale lors de la commande, la tension de contournement sous pluie de l'isolateur peut également être déterminée en augmentant progressivement la tension à partir d'environ 75 % de la tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie avec un taux d'accroissement d'environ 2 % de la tension par seconde. La tension de contournement est la moyenne arithmétique de cinq valeurs lues consécutives et la valeur corrigée en fonction des conditions atmosphériques doit être notée.

14 Essai de RIV

14.1 Procédure d'essai

L'essai de RIV doit être réalisé sur des éléments d'isolateur individuels. Le circuit, le matériel et les conditions atmosphériques d'essai doivent être conformes à l'IEC 60437.

Pour les isolateurs à capot et tige, l'essai doit être réalisé au niveau de tension unique de: 10 kV. Une tension d'essai de 20 kV peut être appliquée sur accord entre le fabricant et l'acheteur.

Pour les isolateurs de type rigides à tige et rigides à socle, la tension d'essai doit être la valeur efficace phase-terre de la tension assignée la plus élevée pour le matériel (voir l'IEC 60071-1).

14.2 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation pour l'essai de type des isolateurs à capot et tige doivent être les suivants:

- $\leq 50 \mu\text{V}$ (34 dB) à 10 kV en courant alternatif;
- $\leq 320 \mu\text{V}$ (50 dB) à 20 kV en courant alternatif.

Les critères d'acceptation pour l'essai de type des isolateurs rigides à tige, rigides à socle et à long fût de classe B doivent être les suivants:

- $\leq 50 \mu\text{V}$ (34 dB) pour la tension d'essai $\leq 10 \text{ kV}$ en courant alternatif;
- $\leq 100 \mu\text{V}$ (40 dB) pour $10 \text{ kV} < \text{tension d'essai} \leq 25 \text{ kV}$ en courant alternatif;
- $\leq 200 \mu\text{V}$ (46 dB) pour $25 \text{ kV} < \text{tension d'essai} \leq 50 \text{ kV}$ en courant alternatif.

NOTE 1 Pour les isolateurs rigides à tige en porcelaine, certains des critères d'acceptation ne peuvent être obtenus qu'en utilisant un émail semiconducteur.

NOTE 2 Le choix de la tension d'essai est déterminé par la tension assignée de la ligne.

Pour les tensions d'essai supérieures à 50 kV, les critères d'acceptation doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Pour les essais sur prélèvements, les critères d'acceptation doivent être les mêmes sauf spécification contraire, en fonction de l'application spécifique et de la mesure de répartition de potentiel. La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai (essai sur prélèvement uniquement).

15 Essai de tenue à la perforation

15.1 Généralités

L'essai de perforation peut être soit un essai de tenue à la perforation par chocs, soit un essai de tenue à la perforation à fréquence industrielle. Cet essai est réalisé pour évaluer la résistance à la perforation de l'isolateur, qui dépend à la fois de la conception et de la qualité de fabrication.

15.2 Essais de perforation par chocs dans l'air

Le nombre d'isolateurs à soumettre à essai doit être conforme au Tableau 1, au Tableau 3 ou au Tableau 4. Les isolateurs à soumettre à essai doivent être secs et propres.

L'installation d'essai, la génération de la tension d'essai, le matériel de mesure et la procédure d'essai doivent être conformes à l'IEC 61211.

Aucun choc d'amplitude réduite ne doit être appliqué entre les changements de polarité.

Détermination de la perforation:

Un isolateur réussit l'essai si: chaque application de tension de choc à front raide entraîne un contournement externe et que l'enregistrement d'essai ou l'indicateur de tension de crête ne montre aucune réduction marquée de la tension entre les applications de choc.

Les critères d'acceptation et la procédure de contre-épreuve conformes à l'IEC 61211 doivent être appliqués.

Cinq des échantillons pour l'essai de type et la moitié de l'E3 (nombre entier immédiatement supérieur) pour l'essai sur prélèvement doivent être soumis à un essai de rupture électromécanique (isolateurs en céramique), Article 18 ou à l'essai de rupture mécanique (isolateurs en verre trempé), Article 19.

15.3 Essai de tenue à la perforation à fréquence industrielle

Au début de l'essai, les isolateurs et les milieux isolants doivent être à température ambiante. Les isolateurs doivent être nettoyés et séchés, puis complètement immergés dans une cuve contenant un milieu isolant approprié pour empêcher des décharges superficielles sur les isolateurs. Si la cuve est en métal, ses dimensions doivent être telles que la plus courte distance entre un point de l'isolateur et la paroi de la cuve soit au moins égale à 1,5 fois le diamètre de la plus grande ailette de l'isolateur. La température du milieu isolant doit être voisine de la température ambiante.

La résistivité de l'huile doit être comprise entre $10^6 \Omega m$ et $10^8 \Omega m$. La résistivité de l'huile doit être mesurée avant l'essai avec un mégohmmètre adapté ou un dispositif similaire.

NOTE Des additifs (par exemple des surfactants (non ioniques, anioniques), de la vapeur, etc.) peuvent être utilisés pour maintenir une résistivité stable.

La tension d'essai doit être appliquée entre les parties normalement soumises à la tension de service. Pendant l'immersion dans le milieu isolant, des précautions doivent être prises pour éviter les poches d'air sous les ailettes de l'isolateur.

La tension d'essai doit être augmentée aussi rapidement que le permet la lecture sur l'instrument de mesure jusqu'à la tension de perforation spécifiée. Aucune perforation ne doit se produire en dessous de la valeur de la tension de perforation spécifiée.

À titre d'information, et sur demande particulière lors de la commande, la tension peut être augmentée jusqu'à la perforation dont la valeur est notée.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai (essai sur prélèvement uniquement).

16 Essai électrique individuel

Les éléments de chaînes d'isolateurs et les isolateurs rigides en céramique ou en verre recuit doivent être soumis à une tension alternative appliquée en permanence.

Les isolateurs rigides doivent être placés la tête en bas dans une cuve remplie d'eau à une profondeur suffisante pour couvrir entièrement la gorge latérale du conducteur. La tension doit être appliquée entre la cuve et l'eau qui remplit quasiment le trou de scellement ou la cavité de chaque isolateur. En variante, il est possible d'utiliser des électrodes métalliques à condition que la sollicitation électrique de la porcelaine ou du verre ne soit pas réduite.

La tension alternative peut être à fréquence industrielle ou à haute fréquence.

Quand la tension d'essai est à fréquence industrielle, elle doit être appliquée pendant trois à cinq minutes consécutives et elle doit être suffisamment élevée pour provoquer de fréquents ou sporadiques contournements (à des intervalles de quelques secondes).

Quand la tension d'essai est à haute fréquence, elle doit être une tension alternative, amortie de façon appropriée, de fréquence comprise entre 100 kHz et 500 kHz. La tension d'essai doit être appliquée pendant au moins trois secondes consécutives et doit être suffisamment élevée pour provoquer un contournement continu. Une tension à fréquence industrielle appliquée aux isolateurs, ou tout autre moyen approprié, doit être utilisé pour déceler la perforation de l'isolateur pendant ou après l'essai à haute fréquence.

Tout isolateur qui est perforé pendant cet essai doit être éliminé.

Cet essai, sauf spécification contraire, doit être réalisé après l'essai mécanique individuel de façon à éliminer les isolateurs dont certaines parties pourraient avoir été endommagées pendant l'essai mécanique.

NOTE Pour certaines conceptions d'isolateurs rigide de la classe B, il peut s'avérer impossible d'appliquer l'essai ci-dessus. Après accord entre l'acheteur et le fabricant au moment de la commande, l'essai sur un isolateur complètement assemblé peut alors être remplacé par un essai sur les parties isolantes avant assemblage.

17 Vérification des dimensions

Les dimensions des isolateurs soumis à essai doivent être vérifiées conformément aux plans correspondants, en particulier en ce qui concerne les dimensions auxquelles s'appliquent des tolérances spéciales (par exemple le pas spécifié dans l'IEC 60305 et l'IEC 60433) et les détails affectant l'interchangeabilité (par exemple les dimensions des assemblages qui font l'objet de l'IEC 60120 et l'IEC 60471).

Le calibrage des assemblages à rotule des éléments de chaînes d'isolateurs doit être vérifié sur les échantillons E1 et E2; pour d'autres dimensions et pour d'autres types d'isolateurs, seul l'échantillon E2 doit être utilisé.

Sauf accord contraire, une tolérance de:

$\pm (0,04 d + 1,5)$ mm lorsque $d \leq 300$ mm et pour toute longueur de ligne de fuite nominale;

ou

$\pm (0,025 d + 6)$ mm lorsque $d > 300$ mm;

ou

$\pm (0,03d + 0,3)$ mm pour la variation d'espacement du capot et de la tige, le cas échéant.

Est admise sur toutes les dimensions pour lesquelles aucune tolérance spéciale ne s'applique (d étant la dimension vérifiée exprimée en millimètres).

Les tolérances données ci-dessus s'appliquent à toutes les dimensions, même si elles sont spécifiées comme une valeur nominale minimale ou maximale.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai.

18 Essai de rupture électromécanique

18.1 Procédure d'essai

Cet essai doit être appliqué aux éléments de chaînes d'isolateurs de types de sorte qu'une décharge électrique interne permette de détecter un défaut mécanique de la partie isolante.

Les éléments de chaînes d'isolateurs doivent être soumis individuellement à une tension à fréquence industrielle et à une charge de traction appliquées simultanément entre les parties métalliques. La tension doit être maintenue pendant toute la durée de l'essai.

La tension à appliquer doit être égale à la valeur de la tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie spécifiée de la chaîne courte normalisée divisée par le nombre d'éléments de cette dernière.

En ce qui concerne leurs principales dimensions, les pièces d'assemblage de la machine d'essai doivent être conformes à l'IEC 60120 pour les isolateurs avec assemblage à rotule et à l'IEC 60471 pour les isolateurs avec assemblage à chape et tenon. Pour les isolateurs destinés aux lignes de traction électrique ou pour d'autres isolateurs spéciaux auxquels cette partie est appliquée, des assemblages spéciaux peuvent être nécessaires. Des pièces d'assemblage de la même résistance (normalisées ou renforcées) doivent être utilisées dans les essais de type et les essais sur prélèvements.

La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro jusqu'à 75 % de la charge de rupture électromécanique spécifiée et doit ensuite être augmentée progressivement à un taux d'accroissement compris entre 100 % et 35 % de la charge de rupture électromécanique spécifiée par minute, jusqu'à ce que la rupture électrique ou mécanique de l'isolateur se produise ou que la charge de rupture définie à l'Article 3 soit atteinte et sa valeur notée (les taux indiqués correspondent à une durée comprise entre 15 s et 45 s pour atteindre la charge de rupture électromécanique spécifiée).

NOTE Le taux de variation de l'augmentation de charge peut varier lorsqu'il atteint une charge de rupture spécifiée

18.2 Critères d'acceptation

Voir 19.4.

19 Essai de rupture mécanique

19.1 Procédure d'essai pour les isolateurs rigides à tige et à socle

L'isolateur rigide à tige ou à socle doit être monté comme spécifié dans le paragraphe correspondant (32.3 ou 34.3) et une charge mécanique de flexion doit être appliquée. La charge doit être augmentée rapidement, mais sans à-coup, de zéro jusqu'à environ 75 % de la charge de rupture mécanique spécifiée et doit ensuite être augmentée progressivement, à un taux d'accroissement compris entre 100 % et 35 % de la charge de rupture mécanique spécifiée par minute, jusqu'à ce que cette dernière soit atteinte pour les isolateurs rigides à tige ou jusqu'à ce que la charge de rupture mécanique telle que définie à l'Article 3 soit atteinte pour les isolateurs rigides à socle (les taux indiqués correspondent à une durée comprise entre 15 s et 45 s pour atteindre la charge de rupture mécanique spécifiée). La charge de rupture mécanique des isolateurs rigides à socle doit être notée.

NOTE Le taux de variation de l'augmentation de charge peut varier lorsqu'il atteint une charge de rupture spécifiée.

19.2 Procédure d'essai pour les éléments de chaînes d'isolateurs

Les éléments de chaînes d'isolateurs doivent être soumis individuellement à une charge de traction appliquée entre leurs parties métalliques. En ce qui concerne leurs principales dimensions, les pièces d'assemblage de la machine d'essai doivent être conformes à l'IEC 60120 pour les isolateurs avec assemblage à rotule et à l'IEC 60471 pour les isolateurs avec assemblage à chape et tenon. Pour les isolateurs destinés aux lignes de traction électrique ou pour d'autres isolateurs spéciaux auxquels cette partie est appliquée, des assemblages spéciaux peuvent être nécessaires. Des pièces d'assemblage de la même résistance (normalisées ou renforcées) doivent être utilisées dans les essais de type et les essais sur prélèvements.

La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coup, de zéro jusqu'à environ 75 % de la charge de rupture mécanique spécifiée et doit ensuite être augmentée progressivement, à un taux d'accroissement compris entre 100 % et 35 % de la charge de rupture mécanique spécifiée par minute, jusqu'à ce que la charge de rupture telle que définie à l'Article 3 soit atteinte et la valeur notée (les taux indiqués correspondent à une durée comprise entre 15 s et 45 s pour atteindre la charge de rupture mécanique spécifiée).

NOTE Le taux de variation de l'augmentation de charge peut varier lorsqu'il atteint une charge de rupture spécifiée.

19.3 Critères d'acceptation pour les isolateurs rigides à tige

L'isolateur satisfait à l'essai si la charge de rupture mécanique spécifiée est atteinte sans rupture mécanique de la partie isolante. De plus, pour les isolateurs à tige intégrée, le déplacement résiduel de la partie isolant au point d'application de la charge d'essai ne doit pas dépasser 20 % de la hauteur de ce point au-dessus du plan de support.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai pour les isolateurs rigides à tige.

19.4 Critères d'acceptation pour les éléments de chaînes d'isolateurs et les isolateurs rigides à socle

À partir des charges de rupture individuelles X obtenues pendant l'essai de rupture électromécanique ou mécanique, la valeur moyenne $\bar{X}$ et l'écart-type σ_{n-1} doivent être calculés.

Les symboles suivants sont utilisés:

- $\bar{X}_T$: valeur moyenne des résultats de l'essai de type;
- $\bar{X}_1$: valeur moyenne des résultats de l'essai sur prélèvement;
- $\bar{X}_2$: valeur moyenne des résultats de la contre-épreuve;
- σ_T : écart-type des résultats de l'essai de type;
- σ_1 : écart-type des résultats de l'essai sur prélèvement;
- σ_2 : écart-type des résultats de la contre-épreuve;
- C_{0123} : constantes d'acceptation.

Un essai de type est satisfaisant si

$$\bar{X}_T \geq CRS + C_0 \sigma_T$$

Un essai sur prélèvement est satisfaisant si

$$\overline{X}_1 \geq CRS + C_1\sigma_1$$

Si $CRS + C_2\sigma_1 \leq \overline{X}_1 < CRS + C_1\sigma_1$, une contre-épreuve sur un double échantillon est permise dans les essais sur prélèvements.

La contre-épreuve est satisfaisante si

$$\overline{X}_2 \geq CRS + C_3\sigma_2$$

Dans laquelle la valeur moyenne $\overline{X}_2$ et l'écart-type σ_2 sont obtenus à partir des seuls résultats de la contre-épreuve.

Si la contre-épreuve n'est pas satisfaisante, le lot est considéré comme ne satisfaisant pas à la présente partie de l'IEC 60383 et une investigation doit être effectuée afin de déterminer les origines de l'échec (dans le cas d'un lot qui a été divisé en lots plus petits, et quand un des plus petits lots n'est pas satisfaisant, l'investigation peut être étendue aux autres lots).

Les valeurs des coefficients d'acceptation C_0 , C_1 , C_2 et C_3 à appliquer sont spécifiées aux Articles 33 et 35 respectivement.

Une méthode de comparaison des résultats des essais électromécaniques ou mécaniques de type et sur prélèvements est présentée à l'Annexe A. Le plan complet d'acceptation pour les essais de type et sur prélèvements, ainsi que des exemples calculés, sont présentés à l'Annexe B.

NOTE Lors du calcul de l'écart-type σ , l'attention est attirée sur le fait qu'il s'agit de l'écart-type d'échantillon où le dénominateur est égal à $n-1$.

20 Essai d'endurance thermomécanique

20.1 Procédure d'essai

Les éléments d'isolateur doivent être soumis à quatre cycles de 24 h de refroidissement et de réchauffage, et à une charge de traction appliquée simultanément maintenue entre 60 % et 70 % de la charge de rupture électromécanique ou mécanique spécifiée. Chaque cycle de 24 h doit commencer par une période de refroidissement de $(-30 \pm 5)^\circ\text{C}$, suivie d'une période de chauffage de $(+40 \pm 5)^\circ\text{C}$. Les tolérances sur les températures des cycles chauds et froids doivent être respectées de manière à assurer une différence minimale de 70 K entre les températures chaudes et froides notées. Les températures maximales et minimales doivent être maintenues pendant au moins quatre heures consécutives du cycle de température. La vitesse de variation de la température est peu importante sur le plan pratique et dépendra de l'équipement d'essai. Toute température doit être mesurée sur ou près d'une partie métallique d'un des isolateurs.

La charge de traction doit être appliquée à l'élément d'isolateur à la température ambiante avant le début du premier cycle thermique. Elle doit être entièrement supprimée et réappliquée à la fin de chaque période de chauffage, excepté la dernière. À l'issue du quatrième cycle de 24 h et du refroidissement à la température ambiante, la charge de traction doit être retirée. La procédure d'essai est représentée schématiquement à la Figure 1.

L'essai de rupture électromécanique (Article 18) ou mécanique (Article 19) doit être réalisé dans les 24 h qui suivent le retrait de la charge de traction de l'élément d'isolateur.

Les éléments d'isolateur peuvent être reliés en série et/ou en parallèle quand ils sont soumis aux cycles thermiques et à la charge mécanique. Lorsqu'ils sont mis en parallèle, les éléments d'isolateur doivent porter une charge égale.

Les haltères qui sont utilisés, par exemple pour l'assemblage des isolateurs du type fût long, ne doivent pas être inclus dans l'essai mécanique puisqu'ils ne font pas partie de la conception interne de l'isolateur.

20.2 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation pour les essais de rupture électromécanique et mécanique doivent être utilisés (voir 19.4). Si un isolateur est défaillant pendant les cycles de réchauffage et de refroidissement, les isolateurs sont considérés comme ne satisfaisant pas à la présente partie.

21 Essai de résistance résiduelle

21.1 Généralités

La résistance résiduelle est la charge mécanique maximale qui peut être atteinte lorsqu'un élément d'isolateur, qui a subi une détérioration mécanique de sa partie isolante de la manière prescrite, est soumis à essai dans les conditions prescrites.

21.2 Essais précédents

L'essai de résistance résiduelle doit être précédé de l'essai de cycle de température conformément au 24.1.

21.3 Préparation des échantillons

Après que les isolateurs ont subi l'essai de cycle de température, l'ailette de la partie isolante des isolateurs doit être cassée par des moyens mécaniques, par exemple par des coups de marteau. Il ne doit rester aucune partie de l'ailette à l'extérieur du diamètre maximal du capot.

NOTE Les résultats d'essais achevés ont montré qu'en ce qui concerne les résultats de l'essai de résistance résiduelle, la manière dont les ailettes sont brisées ne fait aucune différence.

Selon les résultats d'essai disponibles, la présence d'une charge mécanique pendant le bris de l'ailette n'a aucune influence sur la résistance résiduelle.

Le retrait total de la céramique à l'extérieur du diamètre maximal du capot a été choisi comme la seule possibilité de définir la quantité de céramique brisée pour obtenir une reproductibilité satisfaisante pendant les essais, et devenir également la pratique courante.

Il convient de noter que, en service, une telle ampleur de dommage est très rare. Les dommages causés par les arcs de puissance, les coups de feu, etc., sont normalement moins graves; par conséquent, la réduction de la résistance mécanique sera généralement moindre.

Le retrait total de tout le verre à l'extérieur du diamètre maximal du capot se produit toujours lorsque les ailettes en verre trempé sont brisées.

21.4 Procédure d'essai

Après la préparation des échantillons conformément au 21.3, ils doivent être soumis à la charge de rupture mécanique ci-dessous.

Les éléments de chaînes d'isolateurs doivent être soumis individuellement à une charge de traction appliquée entre leurs parties métalliques.

En ce qui concerne leurs principales dimensions, les pièces d'assemblage de la machine d'essai doivent être conformes à l'IEC 60120 pour les isolateurs avec assemblage à rotule et à l'IEC 60471 pour les isolateurs avec assemblage à chape et tenon.

La charge de traction doit être augmentée rapidement, mais sans à-coups, de zéro jusqu'à environ 50 % de la charge de rupture mécanique ou électromécanique spécifiée pour l'isolateur entier et doit ensuite être augmentée progressivement à un taux d'accroissement compris entre 0,5 % et 1 % de la charge de rupture mécanique ou électromécanique spécifiée par seconde, jusqu'à ce que la rupture se produise. La charge maximale atteinte pendant l'essai est notée comme la résistance résiduelle de la pièce.

21.5 Résultats d'essai

Lors de l'essai de résistance résiduelle, les pièces peuvent présenter deux modes de rupture alternatifs pour la charge maximale:

- le capot et la tige se séparent, par exemple la tige est arrachée;
- ou
- la partie métallique se rompt (le capot ou la tige).

Par conséquent, une méthode est spécifiée pour évaluer la résistance résiduelle à comparer avec la CRS:

- a) si sur les 25 échantillons au total, les parties métalliques se sont séparées, la charge de rupture moyenne $\bar{X}$ et l'écart-type s doivent être calculés, et le rapport

$$k = \frac{\bar{X} - 1,645 s}{CRS}$$

doit être déduit, où k est la constante d'acceptation;

- b) si un ou plusieurs des 25 échantillons ne satisfont pas à l'essai du fait de la rupture des parties métalliques, il convient de calculer la constante d'acceptation k des pièces restantes comme indiqué au point a), ci-dessus.

21.6 Critères d'acceptation

Pour les pièces défaillantes par rupture des parties métalliques, il convient que la charge de rupture de ces pièces ne soit pas inférieure à la CRS.

Il convient que la constante d'acceptation k soit supérieure ou égale à 0,65.

De plus, la formule donnée au point a) n'est pas valide lorsque le nombre de ruptures par séparation est inférieur à 10. Dans ce cas, il convient que la charge de rupture de ces pièces ne soit pas inférieure à 0,65 CRS.

22 Vérification des déplacements axial, radial et angulaire

22.1 Procédure d'essai

L'élément de chaîne d'isolateurs est placé en légère traction entre des pièces d'assemblage qui sont montées d'une manière appropriée et qui sont conformes à l'IEC 60120 ou à l'IEC 60471. Dans le cas des assemblages à chape et tenon, il peut être nécessaire d'ajouter des cales pour centrer les ferrures dans les assemblages. Les deux pièces d'assemblage doivent être sur le même axe vertical et doivent pouvoir tourner librement.

Pour les éléments d'isolateurs à capot et tige:

La pièce d'assemblage supérieure doit être soit un logement de rotule soit une chape, de manière que l'isolateur soumis à essai pende par sa rotule ou son tenon avec son capot tenu en place par la pièce d'assemblage inférieure. Deux dispositifs de mesure A et B sont montés comme représenté à la Figure 2a de manière qu'ils soient en contact respectivement avec la partie isolante au point de diamètre maximal et sur l'extrémité de l'ailette extérieure.

L'isolateur est tourné de 360° et la variation maximale de la valeur lue de chaque dispositif est notée.

NOTE La variation de la valeur lue du dispositif de mesure A comprend toute variation de planéité de la partie isolante. Les variations acceptables seront normalement en deçà des valeurs maximales spécifiées. Des variations excessives de planéité donneront lieu à des variations des mesures du dispositif A supérieures à la valeur maximale spécifiée.

Pour les éléments d'isolateurs à long fût

Le dispositif de mesure B est placé comme représenté à la Figure 2b) de manière qu'il soit en contact avec le fût de la partie isolante aussi près que possible du centre de l'isolateur.

L'isolateur est tourné de 360° et la variation maximale de la valeur lue du dispositif est notée.

De plus, le déplacement angulaire α des pièces d'assemblage doit être mesuré selon une méthode appropriée, par exemple comme sur la Figure 3.

22.2 Critères d'acceptation

Pour les éléments d'isolateurs à capot et tige:

les variations maximales des valeurs lues des dispositifs de mesure sont les suivantes:

- variation en A: 4 % du diamètre nominal de l'isolateur;
- variation en B: 3 % du diamètre nominal de l'isolateur.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai.

Pour les éléments d'isolateurs à long fût:

les variations maximales des valeurs lues des dispositifs de mesure sont les suivantes.

Variation en B:

- 1,4 % de la longueur de l'isolateur pour les isolateurs ≤ 750 mm de longueur;
- 1,2 % de la longueur de l'isolateur pour les isolateurs > 750 mm de longueur.

La valeur du déplacement angulaire α des pièces d'assemblage ne doit pas dépasser la valeur suivante:

pour les assemblages à chape et tenon:	$\alpha \leq 4^\circ$;
pour les assemblages à rotule:	$\alpha \leq 15^\circ$;
pour les autres combinaisons de pièces d'assemblage:	$\alpha \leq 15^\circ$ sauf si l'acheteur et le fabricant se sont mis d'accord sur une autre valeur.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai.

23 Vérification du système de verrouillage

23.1 Généralités

Cet essai s'applique aux éléments de chaînes d'isolateurs avec assemblages à rotule. L'essai comprend quatre parties:

- conformité du dispositif de verrouillage;
- vérification du verrouillage;
- position du dispositif de verrouillage (seulement pour les goupilles);
- essai de manœuvre.

La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à ces essais.

23.2 Conformité du dispositif de verrouillage

Le fabricant d'isolateurs ou de ferrures doit vérifier que les dispositifs de verrouillage satisfont aux exigences de l'IEC 60372. Cette vérification doit être attestée par un certificat d'essai tenu à disposition par le fabricant des isolateurs.

NOTE S'il n'est pas prouvé que les dispositifs de verrouillage équipant des isolateurs présentés pour acceptation proviennent du même lot que celui qui a donné lieu au certificat, des essais conformes à l'IEC 60372 peuvent être effectués sur un nombre de dispositifs de verrouillage égal au maximum à la taille d'échantillon E2 défini en 8.2.

23.3 Vérification du verrouillage

Les isolateurs du type capot et tige sont assemblés en chaînes de deux éléments. Pour les isolateurs à long fût, l'élément d'isolateur est assemblé avec la liaison à rotule correspondante. Le dispositif de verrouillage est placé en position de verrouillage. Ensuite, en appliquant des mouvements comparables à ceux des conditions de service, la chaîne ou la liaison à rotule est vérifiée pour s'assurer qu'un déverrouillage n'est pas possible.

23.4 Position du dispositif de verrouillage

Pour les goupilles, la position de verrouillage des branches est vérifiée pour s'assurer qu'elles ne dépassent pas l'entrée du logement de rotule et qu'il est possible d'introduire un outil pointu de la moitié du diamètre de l'œil dans l'œil, pour faire passer la goupille de la position de verrouillage à la position d'assemblage.

NOTE 1 Voir l'IEC 60372 pour une illustration des positions d'assemblage et de verrouillage.

NOTE 2 Dans le cas de goupilles, l'attention est attirée sur le fait qu'un choc excessif sur la tête de la goupille au moment où elle est placée en position de verrouillage peut produire une déformation telle que l'aptitude au verrouillage en soit affectée. Il faut également veiller à ce que le fonctionnement de la goupille ne soit pas affecté par la déformation provoquée au moment de l'ouverture des extrémités.

NOTE 3 Pour l'assemblage normalisé 11, les branches de la goupille peuvent dépasser l'entrée du logement de rotule de 5 mm au maximum.

23.5 Procédure pour l'essai de manœuvre

Le dispositif de verrouillage est placé en position de verrouillage.

Pour les goupilles:

par un dispositif approprié, un effort de traction F est appliqué sur l'œil de la goupille, suivant son axe.

Pour les agrafes:

à l'aide d'une barre d'acier ayant une section rectangulaire de dimensions $F_5 \times T$ (pour ces dimensions, voir l'IEC 60372), un effort F est appliqué sur les deux extrémités arrondies de l'agrafe suivant son axe.

L'effort est augmenté progressivement jusqu'à ce que le dispositif passe en position d'assemblage. La manœuvre de passage de la position de verrouillage à la position d'assemblage doit être effectuée trois fois de suite. L'effort F qui provoque le passage du dispositif de verrouillage à la position d'assemblage est noté pour chaque opération. Ensuite un effort $F_{\max}$, comme montré dans les critères d'acceptation ci-dessous doit être appliqué et le dispositif de verrouillage ne doit pas sortir entièrement de son logement.

23.6 Critères d'acceptation pour l'essai de manœuvre

Les valeurs de l'effort F pour les trois manœuvres doivent être comprises entre les valeurs de $F_{\min}$ et $F_{\max}$ ci-dessous:

	Goupilles	Agrafes
pour l'assemblage normalisé 11	$F_{\min} = 30 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 300 \text{ N}$	$F_{\max} = 250 \text{ N}$
pour les assemblages normalisés 16A-16B, 20, 24	$F_{\min} = 50 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 500 \text{ N}$	$F_{\max} = 250 \text{ N}$
28, 32	$F_{\min} = 100 \text{ N}$	$F_{\min} = 25 \text{ N}$
	$F_{\max} = 650 \text{ N}$	$F_{\max} = 650 \text{ N}$
36, 40	$F_{\min} = 100 \text{ N}$	-
	$F_{\max} = 650 \text{ N}$	-

NOTE 1 Si des goupilles fabriquées avec des aciers inoxydables de grande dureté sont utilisées, les efforts de 300 N et 500 N peuvent être parfois insuffisants pour obtenir le passage de la position de verrouillage à la position d'assemblage. Par accord entre l'acheteur et le fabricant, une valeur plus élevée pour $F_{\max}$ (jusqu'à 650 N pour la taille désignée des assemblages) peut être spécifiée à condition que les méthodes utilisées dans les travaux sous tension permettent ces plus grandes valeurs.

NOTE 2 Pour les tailles désignées des assemblages 36 et 40, les valeurs $F_{\min}$ et $F_{\max}$ des agrafes doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

24 Essai de résistance aux variations brusques de température

24.1 Procédure d'essai pour céramique ou verre trempé

Les isolateurs avec leurs parties métalliques scellées, s'il y en a, doivent être plongés rapidement et complètement, sans l'intermédiaire d'un récipient, dans un bain d'eau maintenu à une température de $(85 \pm 5 \text{ °C})$ avec une différence de température minimale de 70 K par rapport à celle du bain d'eau froide utilisé pour la suite des essais. Ils doivent rester immergés dans ce bain pendant une durée T exprimée en minutes:

$T = 15 + 0,7 m \text{ min}$, avec un maximum de 30 min (m étant la masse de l'isolateur en kilogrammes) pour les isolateurs de classe A;

$T = 15 \text{ min}$ pour les isolateurs de classe B.

Ils doivent être retirés puis plongés rapidement et complètement, sans l'intermédiaire d'aucun récipient, dans un bain d'eau froide où ils doivent rester immergés pendant la même durée.

Cette alternance de chaud et de froid doit être exécutée trois fois de suite. La durée de passage d'un bain à l'autre doit être la plus courte possible et ne pas dépasser 30 s.

Après le troisième cycle, les isolateurs (à l'exception du verre trempé) doivent être examinés pour vérifier qu'ils ne sont pas fendus et doivent ensuite être soumis à l'essai suivant quand cela est applicable.

Pour les isolateurs de classe A pour lesquels un essai individuel mécanique est spécifié:

essai selon la procédure de l'Article 31.

Pour les isolateurs de classe B (autres que le verre trempé):

un essai à fréquence industrielle suivant la procédure de l'Article 16 pendant 1 min.

24.2 Procédure d'essai pour verre recuit

Les isolateurs en verre recuit avec leurs parties métalliques scellées, s'il y en a, doivent être plongés rapidement et complètement, sans l'intermédiaire d'un récipient, dans un bain d'eau maintenu à une température supérieure de 35 K à celle de la pluie artificielle (température ambiante ± 15 K) qui sera utilisée pour la suite des essais. Ils doivent rester immergés pendant 15 min dans ce bain. Ils doivent ensuite être retirés et aussitôt exposés pendant 15 min à une pluie artificielle dont la seule caractéristique imposée est l'intensité de 3 mm/min.

Cette alternance de chaud et de froid doit être exécutée trois fois de suite. La durée de passage du bain chaud à la pluie, ou inversement, ne doit pas dépasser 30 s.

Après le troisième cycle, les isolateurs doivent être examinés pour vérifier qu'ils ne sont pas fendus et doivent ensuite être soumis à l'essai suivant.

Pour les isolateurs de classe A pour lesquels un essai individuel mécanique est spécifié:

essai selon la procédure de l'Article 31.

Pour les isolateurs de la classe B:

un essai à fréquence industrielle suivant la procédure de l'Article 16 pendant 1 min.

24.3 Procédure d'essai spécial pour les isolateurs de grandes sections ou les très grands isolateurs

Pour les isolateurs ou les éléments de chaîne présentant de grandes sections ou de très grandes dimensions, les essais décrits en 24.1 et en 24.2 ci-dessus peuvent être trop sévères. Un essai de sévérité réduite peut alors leur être appliqué après un accord entre l'acheteur et le fabricant. Un écart de température de 50 K convient généralement pour cet essai. À cet effet, les isolateurs du type rigide ou les éléments de chaîne doivent être considérés comme ayant de grandes dimensions si au moins l'une des conditions suivantes est remplie:

L	$> 1\,200\text{ mm}$	$L =$	longueur de l'isolateur;
D^2L	$> 80 \times 10^6\text{ mm}^3$	$D =$	le plus grand diamètre extérieur;
d	$> 90\text{ mm}$	$d =$	diamètre du fût pour les isolateurs à fût massif (voir Figure 4a);
ϕ	$> 25\text{ mm}$	$\phi =$	la plus grande épaisseur déterminée par le diamètre du plus grand cercle qui peut s'inscrire à l'intérieur du tracé de la coupe passant par l'axe de l'isolateur (voir Figure 4b).

24.4 Spécifications complémentaires

- a) Pour essais ci-dessus, la quantité d'eau contenue dans les cuves d'essai doit être suffisamment importante pour que l'immersion des isolateurs ne provoque pas une variation de la température de l'eau supérieure à ± 5 K.
- b) L'interdiction d'utiliser un récipient intermédiaire n'exclut pas la possibilité d'utiliser un panier grillagé ayant une masse thermique faible et laissant pénétrer l'eau facilement.

24.5 Critères d'acceptation

Les isolateurs doivent résister à cet essai sans fente, perforation ou rupture mécanique. La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai.

25 Essai de choc thermique

25.1 Essai sur prélèvement

25.1.1 Procédure d'essai

Les isolateurs doivent être plongés brusquement et entièrement dans de l'eau dont la température ne dépasse pas 50°C , après avoir été chauffés par de l'air chaud ou tout autre moyen approprié à une température uniforme d'au moins 100 K supérieure à celle de l'eau.

Les isolateurs doivent rester dans l'eau pendant au moins 2 min.

25.1.2 Critères d'acceptation

Les isolateurs doivent résister à cet essai sans rupture de la partie isolante. La procédure de contre-épreuve indiquée en 8.3 s'applique à cet essai.

25.2 Essai de choc thermique individuel

25.2.1 Procédure d'essai

Deux chocs thermiques différents sont appliqués pour former l'essai individuel:

- essai de choc thermique du froid au chaud: chaque pièce en verre trempé doit être amenée de la température ambiante à une température au moins supérieure à 300 K et doit être maintenue à cette température supérieure pendant au moins 1 minute;
- essai de choc thermique du chaud au froid: Chaque pièce en verre trempé doit être plongée brusquement et entièrement dans de l'eau dont la température ne dépasse pas 50°C , après avoir été chauffée par de l'air chaud ou tout autre moyen approprié à une température uniforme d'au moins 100 K supérieure à celle de l'eau.

25.2.2 Critères d'acceptation

Toutes les pièces en verre trempé qui se brisent doivent être rejetées.

26 Vérification de l'absence de porosité

26.1 Procédure d'essai

Des fragments de céramique provenant des isolateurs, ou après accord, des pièces représentatives cuites à côté des isolateurs doivent être plongés dans une solution à 3 % de colorant rouge/violet de type Methin (tel que Astrazon ou Basonil) ou dans l'alcool méthylique ou l'alcool éthylique, et qui est soumise à une pression d'au moins $15 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pendant une durée telle que le produit de la pression en newtons par mètre carré par le nombre d'heures ne soit pas inférieur à 180×10^6 .