

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

**Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a.c. systems**

**Essais sous pollution artificielle des isolateurs haute tension en céramique et en verre destinés aux réseaux à courant alternatif**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### Useful links:

IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

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

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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

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

---

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

#### Liens utiles:

Recherche de publications CEI - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

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

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



IEC 60507

Edition 3.0 2013-12

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a.c. systems**

**Essais sous pollution artificielle des isolateurs haute tension en céramique et en verre destinés aux réseaux à courant alternatif**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

W

ICS 29.080.10

ISBN 978-2-8322-1297-4

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

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
4 General test requirements .....	10
4.1 General .....	10
4.2 Test method .....	10
4.3 Arrangement of insulator for test .....	10
4.3.1 Test configuration .....	10
4.3.2 Cleaning of insulator .....	11
4.4 Requirements for the testing plant .....	11
4.4.1 Test voltage .....	11
4.4.2 Atmospheric corrections .....	11
4.4.3 Minimum short-circuit current .....	12
5 Salt fog method .....	13
5.1 General information .....	13
5.2 Salt solution .....	13
5.3 Spraying system .....	15
5.4 Conditions before starting the test .....	18
5.5 Preconditioning process .....	18
5.6 Withstand test .....	19
5.7 Acceptance criterion for the withstand test .....	19
6 Solid layer methods .....	19
6.1 General information .....	19
6.2 Main characteristics of inert materials .....	20
6.3 Composition of the contaminating suspension .....	20
6.3.1 General .....	20
6.3.2 Kieselguhr composition .....	20
6.3.3 Kaolin (or Tonoko) composition .....	21
6.4 Application of the pollution layer .....	22
6.5 Determination of the degree of pollution of the tested insulator .....	23
6.5.1 General .....	23
6.5.2 Layer conductivity ( <i>K</i> ) .....	23
6.5.3 Salt deposit density ( <i>SDD</i> ) .....	23
6.6 General requirements for the wetting of the pollution layer .....	24
6.7 Test procedures .....	24
6.7.1 General .....	24
6.7.2 Procedure A – Wetting before and during energization .....	24
6.7.3 Procedure B – Wetting after energization .....	26
6.8 Withstand test and acceptance criterion (common to both Procedures A and B) .....	27
Annex A (informative) Supplementary information on the assessment of the requirement for the testing plant .....	28
Annex B (informative) Determination of the withstand characteristics of insulators .....	29
B.1 General .....	29

B.2	Determination of the maximum withstand salinity at a given test voltage .....	29
B.3	Determination of the maximum withstand voltage, or of the 50 % withstand voltage, at a given reference layer conductivity, or at a given reference salt deposit density .....	29
B.3.1	Maximum withstand voltage .....	29
B.3.2	50 % withstand voltage .....	30
B.4	Withstand values of reference suspension insulators .....	30
Annex C (informative) Measurement of layer conductivity for checking the uniformity of the layer .....		32
Annex D (informative) Additional recommendations concerning the solid layer method procedures.....		34
D.1	General.....	34
D.2	Contamination practice .....	34
D.3	Drying of the pollution layer .....	34
D.4	Check of the wetting action of the fog .....	34
D.5	Checking fog uniformity for large or complex test objects .....	35
D.6	Fog input in the test chamber.....	35
D.7	Minimum duration of the withstand test .....	35
D.8	Evaluation of the reference salt deposit density ( <i>SDD</i> ).....	36
Annex E (informative) Supplementary information on artificial pollution tests on insulators for voltage systems of 800 kV and above (solid layer method procedure B) .....		37
E.1	Introduction.....	37
E.2	Test chamber.....	37
E.3	Fog generator .....	37
E.4	Wetting action and uniformity of fog density .....	37
Bibliography.....		38
Figure 1 – Minimum short-circuit current, $I_{SC \min}$ , required for the testing plant as a function of the unified specific creepage distance (USCD) of the insulator under test.....		13
Figure 2 – Value of factor $b$ as a function of solution temperature .....		15
Figure 3 – Typical construction of fog spray nozzle .....		17
Figure 4 – Test layout for inclined insulators .....		18
Figure 5 – Typical arrangement of steam-fog generator .....		26
Figure C.1 – Arrangement of the probe electrodes (all dimensions in mm) .....		32
Figure C.2 – Circuit diagram of the meter .....		33
Figure D.1 – Control of the wetting action of the steam fog: Layer conductance recording during the test on the chosen dummy insulator (standard type of Table B.1) .....		36
Table 1 – Salt-fog method: correspondence between the value of salinity, volume conductivity and density of the solution at a temperature of 20 °C.....		14
Table 2 – Main characteristics of the inert materials used in solid layer suspensions .....		20
Table 3 – Kieselguhr composition: approximate correspondence between the reference degrees of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C .....		21
Table 4 – Kaolin (or Tonoko) composition: approximate correspondence between the reference degrees of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C .....		22
Table A.1 – Expected $I_h \max$ values related to different USCD values.....		28

Table B.1 – Ranges of values of withstand characteristics of reference suspension insulators in artificial pollution tests ..... 31

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ARTIFICIAL POLLUTION TESTS ON HIGH-VOLTAGE CERAMIC  
AND GLASS INSULATORS TO BE USED ON A.C. SYSTEMS**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 60507 has been prepared by IEC technical committee 36: Insulators.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1991. This third edition constitutes a technical revision.

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

- a) Corrections and the addition of explanatory material;
- b) The addition of Clause 4.3.2 on atmospheric correction;
- c) The change of the upper limit of conductivity of water to 0.1 S/m; and
- d) The extension to UHV voltages.

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

FDIS	Report on voting
36/337/FDIS	36/342/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2. The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

.....



# ARTIFICIAL POLLUTION TESTS ON HIGH-VOLTAGE CERAMIC AND GLASS INSULATORS TO BE USED ON A.C. SYSTEMS

## 1 Scope

This International Standard is applicable for the determination of the power frequency withstand characteristics of ceramic and glass insulators to be used outdoors and exposed to polluted atmospheres, on a.c. systems with the highest voltage of the system greater than 1 000 V.

These tests are not directly applicable to polymeric insulators, to greased insulators or to special types of insulators (insulators with semiconducting glaze or covered with any organic insulating material).

The object of this International Standard is to prescribe procedures for artificial pollution tests applicable to insulators for overhead lines, substations and traction lines and to bushings

It may also be applied to hollow insulators with suitable precautions to avoid internal flashover. In applying these procedures to apparatus incorporating hollow insulators, the relevant technical committees should consider their effect on any internal equipment and the special precautions which may be necessary.

## 2 Normative references

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

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC/TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC/TS 60815-2, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems*

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

## 3 Terms and definitions

For the purpose of this standard, the following terms and definitions apply.

### 3.1 test voltage

the r.m.s. value of the voltage with which the insulator is continuously energized throughout the test

### 3.2 short-circuit current ( $I_{sc}$ ) of the testing plant

the r.m.s. value of the current delivered by the testing plant when the test object is short-circuited at the test voltage

**3.3**  
**unified specific creepage distance**  
**USCD**

the creepage distance of an insulator divided by the maximum operating voltage across the insulator (for a.c. systems usually  $U_m/\sqrt{3}$ )

Note 1 to entry: This is generally expressed in mm/kV.

Note 2 to entry: This definition differs from that of Specific Creepage Distance where the phase-to-phase value of the highest voltage for the equipment is used. For phase-to-earth insulation, this definition will result in a value that is  $\sqrt{3}$  times that given by the definition of Specific Creepage Distance in IEC/TS 60815 (1986). See Annex J of IEC 60815-1:2008 for details.

**3.4**  
**form factor of an insulator**

**Ff**  
dimensionless number that presents the length ( $l$ ) of the partial creepage distance divided by the integrated width ( $p$ )

Note 1 to entry: For insulators, the length is in the direction of the creepage distance and the width is the circumference of the insulator.

Note 2 to entry: The form factor is calculated by the formula

$$Ff = \int_0^L \frac{dl}{p(l)}$$

where

$L$  is the total creepage distance

$p(l) = 2\pi.r(l)$

For graphical estimation of the form factor, the reciprocal value of the insulator circumference ( $\frac{1}{p}$ ) is plotted versus the partial creepage distance  $l$  counted from the end of the insulator up to the point reckoned. The form factor is given by the area under this curve.

**3.5**  
**salinity**

**S<sub>a</sub>**  
concentration of the solution of salt in tap water, expressed by the amount of salt divided by the volume of solution

Note 1 to entry: This is generally expressed in kg/m<sup>3</sup>.

**3.6**  
**pollution layer**

a conducting electrolytic layer on the insulator surface, composed of salt plus inert materials

Note 1 to entry: The conductance of the pollution layer on the insulator is measured in accordance with 6.5.1.

**3.7**  
**layer conductivity (K)**

the conductance of the pollution layer multiplied by the form factor

Note 1 to entry: This is generally expressed in  $\mu$ S.

**3.8****salt deposit density*****SDD***

amount of sodium chloride in an artificial deposit on a given surface of the insulator (metal parts and assembling materials are not to be included in this surface) divided by the area of this surface

Note 1 to entry: This is generally expressed in mg/cm<sup>2</sup>.

**3.9****degree of pollution**

the value of the quantity (salinity, layer conductivity, salt deposit density) which characterizes the artificial pollution applied to the tested insulator

**3.10****reference salinity**

the value of the salinity used to characterize a test

**3.11****reference layer conductivity**

the value of the layer conductivity used to characterize a test

Note 1 to entry: This is defined as the maximum value of the conductivity of the wetted layer of an insulator energized only for performing the conductance measurements.

**3.12****reference salt deposit density**

the value of the salt deposit density used to characterize a test

Note 1 to entry: This is defined as the average of the salt deposit density values measured on a few insulators (or on parts of them), which are chosen for this purpose from among the contaminated ones prior to their submission to any test.

**3.13****specified withstand degree of pollution**

the reference degree of pollution at which an insulator shall withstand the specified test voltage in at least three tests out of four, under the conditions described in the relevant Clauses 5.6 or 6.8

**3.14****maximum withstand degree of pollution**

the highest degree of pollution at which at least three withstand tests out of four can be obtained at the specified test voltage, under the conditions described in the relevant clauses 5.6 or 6.8.

**3.15****specified withstand voltage**

the test voltage at which an insulator shall withstand the specified degree of pollution in at least three tests out of four, under the conditions described in the relevant 5.6 or 6.8

**3.16****maximum withstand voltage**

the highest test voltage at which at least three withstand tests out of four can be obtained at the specified degree of pollution, under the conditions described in the relevant 5.6 or 6.8

**3.17****non-soluble deposit density*****NSDD***

amount of non-soluble residue removed from a given surface of the insulator, divided by the area of this surface

Note 1 to entry: This is generally expressed in mg/cm<sup>2</sup>.

## 4 General test requirements

### 4.1 General

Pollution tests can be carried out for two main objectives:

- to obtain information about the pollution performance of insulators e.g. for comparison of different insulator types/profile
- to check the performance in a configuration as close as possible to the in-service one.

To reach the first objective, tests on relatively short insulator sets – if representative of the full set in terms of radial geometry and profile – may be sufficient. Results of such tests on insulators with an arcing length higher than 1 m can be linearly extrapolated up to and including the UHV range, at least for pollution ranging from medium to very heavy.

Tests to reach the second objective may be agreed between the manufacturer and the user whenever optimisation of the design is necessary and/or whenever it is expected that the mounting condition or the inner active parts in apparatus can affect the performance. Such tests shall be made simulating the relevant service conditions as closely as possible. In particular tests in other positions from the vertical (inclined, horizontal) duplicating actual service conditions may be agreed between the supplier and the user.

Tests at higher system voltages (800 kV and above) may present particular requirements as reported in Annex E.

### 4.2 Test method

The two following categories of pollution test methods are recommended for standard tests:

- the salt fog method (Clause 5) in which the insulator is subjected to a defined ambient pollution;
- the solid layer method (Clause 6) in which a fairly uniform layer of a defined solid pollution is deposited on the insulator surface;

NOTE 1 In these test methods the voltage is held constant for a period of at least several minutes. Variants in which the voltage is raised continuously to flashover are not standardized but may be used for special purposes.

NOTE 2 In testing of full scale insulators for system voltages above 800 kV, the solid layer method may be the preferred choice because of lack of experiences and possible difficulties for the salt fog method. More information on the solid layer method for such insulators is given in Annex E.

### 4.3 Arrangement of insulator for test

#### 4.3.1 Test configuration

The insulator shall be erected in the test chamber, complete with the metal fittings which are invariably associated with it. The vertical position is in general suggested for comparison of different insulator types. Tests in other positions (inclined, horizontal) duplicating actual service conditions may be carried out when agreed between the manufacturer and the user. When there are special reasons not to test insulators in the vertical position (e.g. wall bushings and circuit-breaker longitudinal insulation), only the service position shall be considered.

The minimum clearances between any part of the insulator and any earthed object other than the structure which supports the insulator and the columns of the nozzles, when used, shall be not less than 0,5 m per 100 kV of the test voltage and in any case not less than 1,5 m.

The configurations of the supporting structure and the energized metal parts, at least within their minimum clearance from the insulator, shall reproduce those expected in service.

As regards the influence of capacitive effects on the test results, the following considerations can be drawn from the available experience:

- fittings are deemed not to affect the results significantly, at least for test voltages up to 450 kV;
- internal high capacitance can have some effect on the external surface behaviour, particularly in tests with solid layer methods at low pollution severity values.

#### 4.3.2 Cleaning of insulator

The insulator shall be carefully cleaned so that all traces of dirt and grease are removed. After cleaning, the insulating parts of the insulator shall not be touched by hand.

The surface of the insulator is deemed to be sufficiently clean and free from any grease if large continuous wet areas are observed after rinsing.

In the case of the solid-layer method, before the first contamination, scrubbing with a slurry of water and inert material such as kaolin shall be done, after which the insulator shall be thoroughly rinsed with tap water. A detergent may be added to the slurry.

Before every subsequent contamination, the insulator shall again be thoroughly washed with tap water only. Hand wiping might be necessary, if either the *SDD*-levels or the test results become inconsistent.

In the case of the salt-fog method, water, preferably heated to about 50 °C, with the addition of trisodium phosphate or other detergent, shall be used, after which the insulator shall be thoroughly rinsed with tap water. Before this final treatment, scrubbing as for the solid-layer method may be done if necessary.

NOTE 1 When the volume conductivity of tap water is higher than 0,1 S/m, the use of demineralized water is recommended.

NOTE 2 If necessary, the metal parts and the assembling materials can be painted with a salt-water resistant paint to ensure that no corrosion products wash down on to the insulating surface during a test.

#### 4.4 Requirements for the testing plant

##### 4.4.1 Test voltage

The frequency of the test voltage shall be between 48 Hz and 62 Hz.

In general the test voltage coincides with the highest voltage (phase to earth value) the insulator is required to withstand under normal operating conditions. For equipment, it is equal to  $U_m/\sqrt{3}$ ,  $U_m$  being the highest voltage for equipment (see IEC 60071-1). It is higher than this value when testing insulators for phase to phase configurations or for isolated neutral systems.

##### 4.4.2 Atmospheric corrections

No humidity correction factor shall be applied. Test voltages shall be corrected for air density according to IEC 60060-1. The coefficient *m* is however still under investigation.

NOTE 1 The temperature in the test chamber for relative air density calculation is the temperature measured at the height of the test object prior to the test.

NOTE 2 The coefficient *m* depends on many factors such as pollution severity and insulator characteristics. For the time being provisionally reference can be made to value  $m=0,5$  [1].

NOTE 3 Atmospheric correction factors for polluted insulators are presently under consideration by CIGRE SC D1.

#### 4.4.3 Minimum short-circuit current

In the artificial pollution tests, the testing plant needs a short-circuit current ( $I_{sc}$ ) higher than in other types of insulator tests to ensure that the voltage drop during the test is small and has no influence on test results. This means that  $I_{sc}$  must have a minimum value which varies with the test conditions; moreover there are also requirements on other parameters of the testing plant.

The minimum value of  $I_{sc}$  ( $I_{sc \min}$ ) is given in Figure 1 as a function of the electrical surface stress of the insulator under test, expressed in terms of its unified specific creepage distance.

Besides the above requirement of  $I_{sc \min}$  value, the testing plant shall comply with the two following conditions:

- resistance/reactance ratio (R/X) equal to or higher than 0,1;
- capacitive current/short-circuit current ratio ( $\frac{I_c}{I_{sc}}$ ) within the range 0,001 – 0,1.

More information on the criteria followed to assess the above requirements is given in Annex A.

When the value of  $I_{sc}$  of the testing plant, although higher than 6 A, does not comply with the limits given in Figure 1, the verification of a specified withstand characteristic of a polluted insulator (see 5.6 and 6.8) or the determination of its maximum withstand characteristic (see Annex B) can still be performed, provided that the source validity is directly ascertained by the following check.

In each individual test of this investigation, the highest leakage current pulse amplitude is recorded and its maximum value ( $I_{h \max}$ ) determined considering the three tests resulting in withstand, in the withstand conditions.

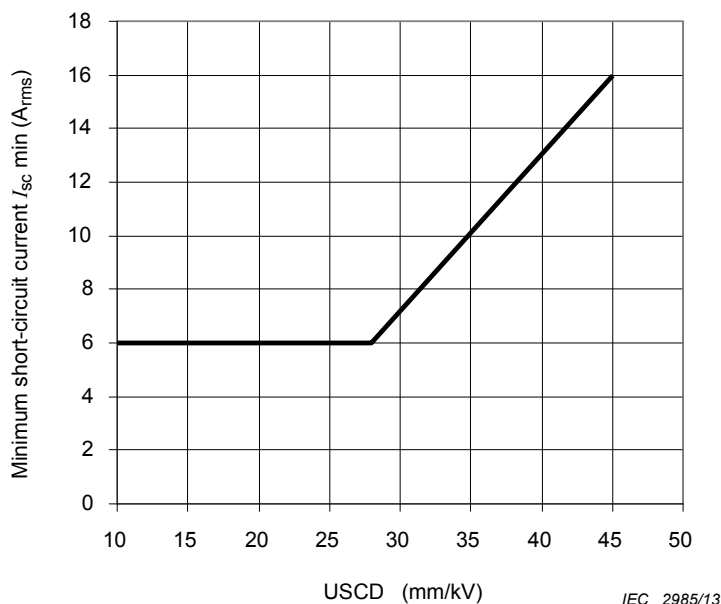
The  $I_{h \max}$  value shall comply with the expression below:

$$\frac{I_{sc}}{I_{h \max}} \geq 11$$

$I_{sc}$  being given in r.m.s. and  $I_{h \max}$  in peak value.

More details are given in Annex A.

Since the leakage currents can be used for the interpretation of the results, it is recommended that suitable devices be arranged in order to record these currents during artificial pollution tests.



mm/kV	A <sub>rms</sub>
USCD < 28	$I_{sc \min} = 6$
$28 \leq \text{USCD} \leq 45$	$I_{sc \min} =  \text{USCD}/\sqrt{3}  - 10$

**Figure 1 – Minimum short-circuit current,  $I_{sc \min}$ , required for the testing plant as a function of the unified specific creepage distance (USCD) of the insulator under test**

NOTE The available experience is deemed insufficient to give  $I_{sc \min}$  values for tests at unified specific creepage distances higher than 45 mm/kV.

## 5 Salt fog method

### 5.1 General information

The salt fog test procedure simulates type B pollution (see IEC 60815-1) where a liquid conductive layer covers the insulator surface. In practice, this layer does not contain any significant insoluble material.

The degree of pollution in a test is defined by the salinity of the salt fog expressed in kg of salt (NaCl) per m<sup>3</sup> of water.

The test consists of two parts – preconditioning process (the aim of which is cleaning of the tested insulator surface) and withstand test. The detailed description of both procedures is given in 5.5 and 5.6.

NOTE The salt fog test method is not recommended for tests of insulator configurations at higher system voltage (800 kV and above). The main reason is that the specified distance between tested insulator and spraying nozzles (5.3) may be not sufficient for higher test voltages; in the frame of the recent revision with respect to the extension to the UVH range the specified distance between tested insulator and spraying nozzles was kept at 3 m in order to maintain the validity of test results with previous version of this standard.

### 5.2 Salt solution

The salt solution shall be made of sodium chloride (NaCl) of commercial purity and tap water.

NOTE Tap water with high hardness, for example with a content of equivalent CaCO<sub>3</sub> greater than 350 g/m<sup>3</sup>, can cause limestone deposits on the insulator surface. In this case the use of deionized water for preparation of the salt solution is recommended. Hardness of tap water is measured in terms of content of equivalent CaCO<sub>3</sub>.

The salinity used shall have one of the following values: 2,5 – 3,5 – 5 – 7 – 10 – 14 – 20 – 28 – 40 – 56 – 80 – 112 – 160 and 224 kg/m<sup>3</sup>.

The maximum permissible tolerance in salinity is ±5 % of the specified value

It is recommended that the salinity be determined either by measuring the conductivity or by measuring the density with a correction of temperature.

Table 1 gives the correspondence between the value of salinity, volume conductivity and density of the solution at a temperature of 20 °C.

When the solution temperature is not at 20 °C, conductivity and density values shall be corrected.

The temperature of the salt solution shall be between 5 °C and 30 °C, since no experience is available to validate tests performed outside this range of solution temperature.

**Table 1 – Salt-fog method: correspondence between the value of salinity, volume conductivity and density of the solution at a temperature of 20 °C**

Salinity $S_a$ kg/m <sup>3</sup>	Volume conductivity $\sigma_{20}$ S/m	Density $\Delta_{20}$ kg/m <sup>3</sup>
2,5	0,43	–
3,5	0,60	–
5	0,83	–
7	1,15	–
10	1,6	–
14	2,2	–
20	3,0	–
28	4,1	1 018,0
40	5,6	1 025,9
56	7,6	1 037,3
80	10	1 052,7
112	13	1 074,6
160	17	1 104,5
224	20	1 140,0

The conductivity correction shall be made using the following formula:

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b (\theta - 20)]$$

where:

$\theta$  is the solution temperature (°C)

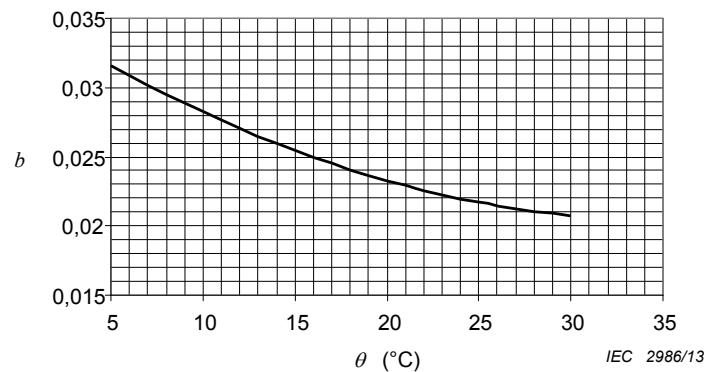
$\sigma_{\theta}$  is the volume conductivity at a temperature of  $\theta$  °C (S/m)

$\sigma_{20}$  is the volume conductivity at a temperature of 20 °C (S/m)

$b$  is the factor depending on solution temperature  $\theta$ , as obtained by the following equation, and as shown in Figure 2:

$$b = 3,200 \times 10^{-8}\theta^3 + 1,032 \times 10^{-5}\theta^2 - 8,272 \times 10^{-4}\theta + 3,544 \times 10^{-2}$$





**Figure 2 – Value of factor  $b$  as a function of solution temperature**

The density correction shall be made using the following formula:

$$\Delta_{20} = \Delta_{\theta} [1 + (200 + 1,3 S_a) (\theta - 20) \times 10^{-6}]$$

where:

$\theta$  is the solution temperature (°C)

$\Delta_{\theta}$  is the density at a temperature of  $\theta$  °C (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta_{20}$  is the density at a temperature of 20 °C (kg/m<sup>3</sup>)

$S_a$  is the salinity (kg/m<sup>3</sup>)

This correction formula is only valid for salinities over 20 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.3 Spraying system

The fog is produced in the test chamber by means of the specified number of sprays which atomize the solution by a stream of compressed air flowing at right angles to the solution nozzle. The nozzles consist of corrosion resistant tubes, the internal diameter of the air nozzles being 1,2 mm  $\pm$  0,02 mm and the internal diameter of the solution nozzle being 2,0 mm  $\pm$  0,02 mm. Both nozzles shall have an outside diameter of 3,0 mm  $\pm$  0,05 mm and the ends of the nozzles shall be square-cut and polished.

The end of the solution nozzle shall lie on the axis of the air nozzle to within  $\pm 0,05$  mm. The distance between the end of the compressed air nozzle and the central line of the solution nozzle shall be 3,0 mm  $\pm$  0,05 mm. The axes of the two nozzles shall lie in the same plane to within  $\pm 0,05$  mm.

Figure 3 shows a typical construction of the fog spray nozzle.

The sprays shall be in two columns parallel to and on opposite sides of the insulator which shall have its axis in the same plane as the columns, i.e. a vertical insulator is tested with vertical columns and a horizontal insulator with horizontal columns. In the case of an inclined insulator (see Figure 4) the plane containing the insulator and the columns shall intersect the horizontal plane in a line at right angles to the insulator axis; in this case, the axis of the solution nozzles is vertical. The distance between the solution nozzles and the insulator axis shall be 3,0 m  $\pm$  0,05 m.

The sprays shall be spaced at 0,6 m intervals, each spray pointing at right angles to the column axis towards its counterpart on the other column and within an angle of 1° to the plane of the sprays. This alignment can be checked for vertical sprays by lowering the solution nozzle, passing water through the air nozzle and directing it towards the opposing spray;

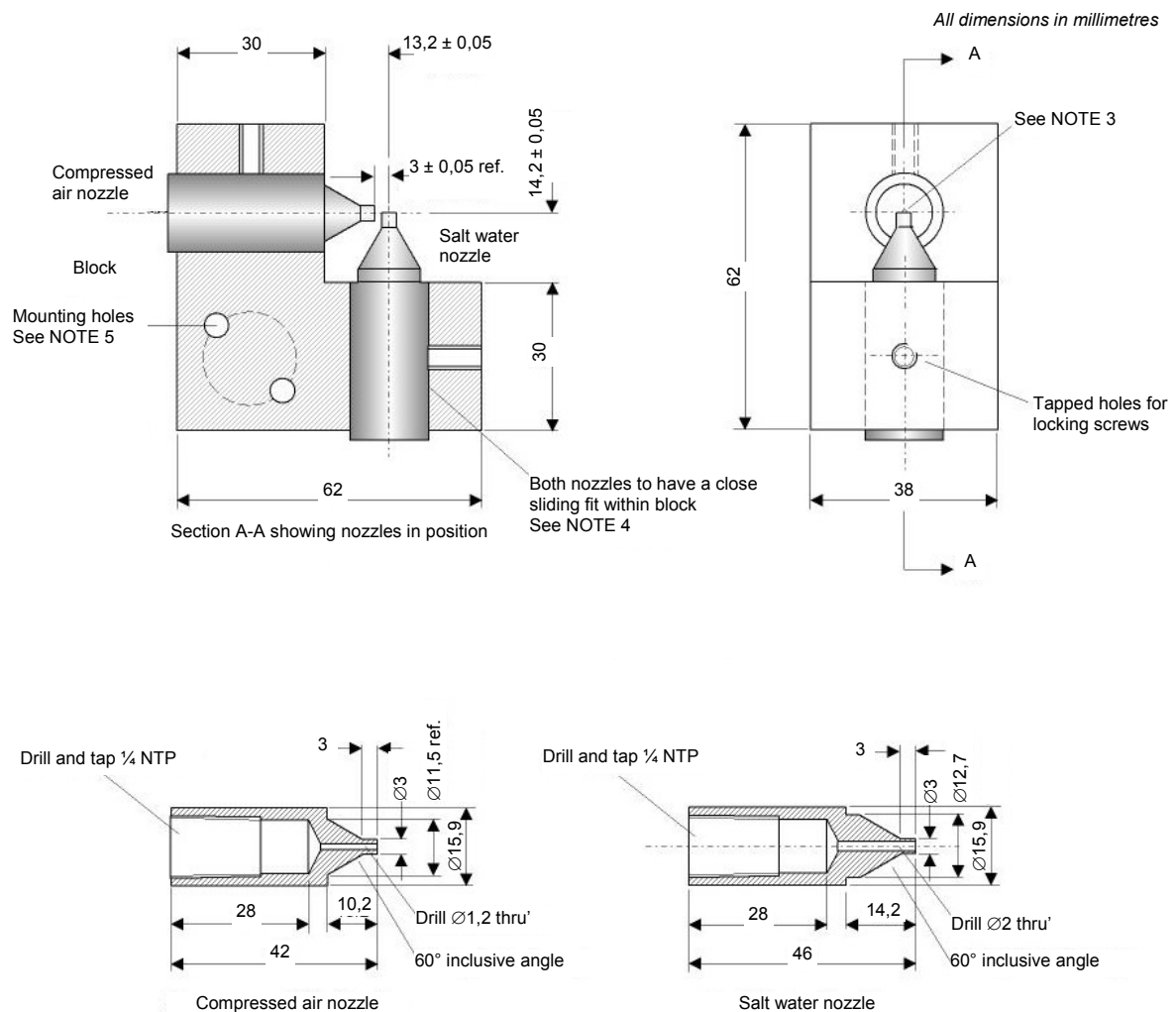
afterwards, raising the solution nozzle to the operating position. The midpoint of the insulator shall preferably be in line with the mid-points of the columns of sprays. Both columns shall extend beyond each end of the insulator by at least 0,6 m.

The minimum number  $N$  of sprays per column shall be, for a length  $H$  in metres of the insulator:

$$N = \frac{H}{0,6} + 3$$

The sprays shall be supplied with filtered, oil-free air at a relative pressure of 700 kPa  $\pm$  35 kPa.

The flow of solution to each spray shall be 0,5 dm<sup>3</sup>/min  $\pm$  0,05 dm<sup>3</sup>/min for the period of the test, and the tolerance on the total flow to all sprays shall be  $\pm$ 5 % of the nominal value.



IEC 2987/13

## NOTES:

- 1 Machine all over  $\pm 0,1$  mm, unless stated otherwise
- 2 Concentricity of nozzles within 0,1 mm
- 3 Outer face both nozzles to be square and polished
- 4 Finishing of holes in block with a sized milling cutter is suggested to achieve best fit
- 5 Remove all sharp edges except as NOTE 3 above
- 6 Mounting holes should be drilled thru' to allow unit to be positioned from either side
- 7 Unit should be initially be assembled with nozzle shoulders flush with inboard surfaces of block as shown above if required, small adjustments in the positioning of the nozzles can be made to optimize spray properties

**Hardware requirements:**

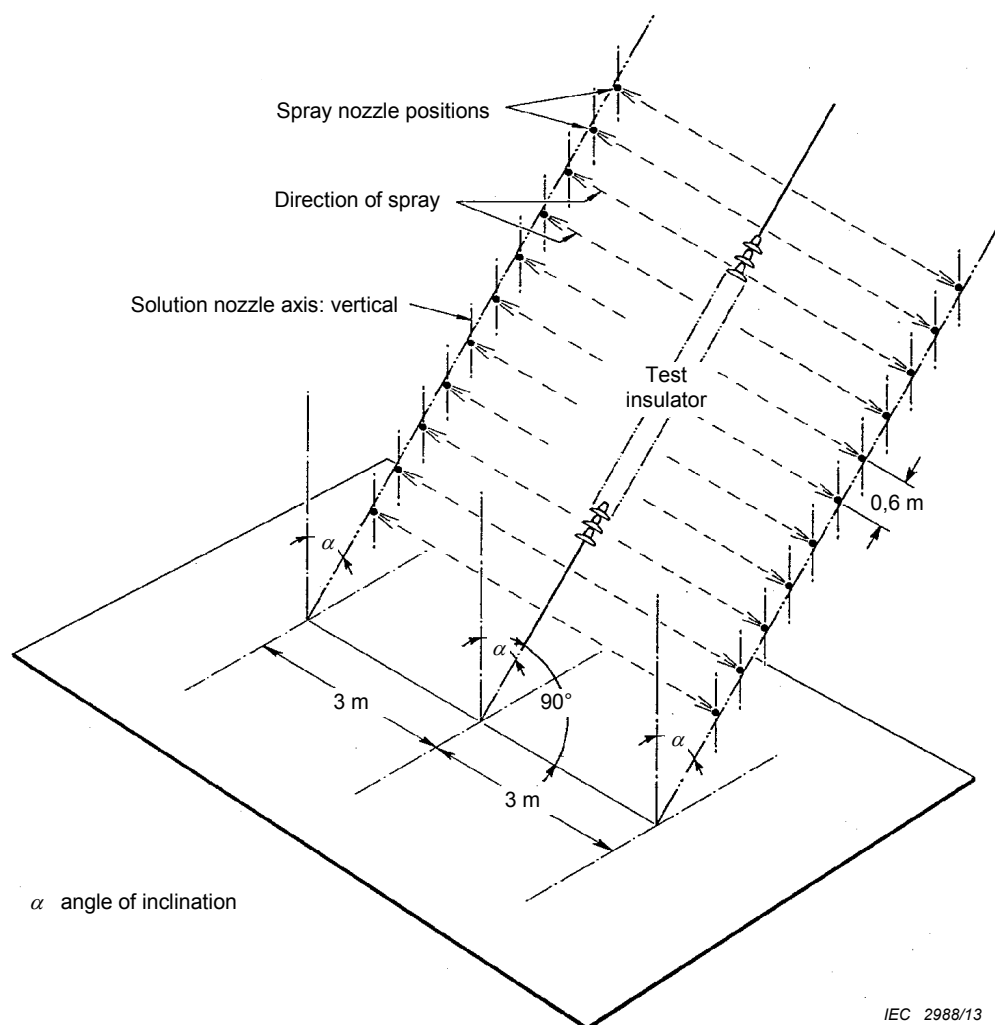
2 off stainless steel fitting with hose barb  
Swagelok number SS-4-HC-1-4  
2 off stainless steel set screw (as required)  
Rubber hose as required with retaining clamps.  
Stainless steel mounting hardware (as required)

**Material requirements:**

Salt water nozzle: Stainless steel Type 303  
Compressed air nozzle: stainless steel Type 303  
Block: non absorbant plastic\*

\*POM (polyoxymethylene) is recommended for ease of machining and dimensional stability

**Figure 3 – Typical construction of fog spray nozzle**



**Figure 4 – Test layout for inclined insulators**

**5.4 Conditions before starting the test**

The test shall start while the insulator, cleaned according to 4.3.2, is still completely wet.

At the start of the test the insulator shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. In addition, the ambient temperature shall be not less than 5 °C nor greater than 40 °C and its difference from the temperature of the water solution shall not exceed 15 K.

The insulator is energized, the salt-solution pump and air compressor are switched on, and the test is deemed to have started as soon as the compressed air has reached the normal operating pressure at the nozzles.

**5.5 Preconditioning process**

The insulator, prepared in the normal way, is subjected to the test voltage at the reference salinity for 20 min, or until the insulator flashes over; if the insulator does not flash over, the voltage is raised in steps of 10 % of the test voltage every 5 min until flashover.

After flashover, the voltage is reapplied and raised as quickly as possible to 90 % of the previously obtained flashover voltage and thereafter increased in steps of 5 % of the initial flashover voltage every 5 min until flashover. The last process is repeated six further times, in each of them the voltage is raised rapidly to 90 % of the last obtained flashover voltage and

then in steps of 5 % every 5 min until flashover. After the eight flashovers, the fog shall be cleared, the insulator shall be washed down with tap water and then the withstand test (see 5.6) shall start as soon as possible.

The characteristics of the voltage source in the preconditioning process shall be not lower than those used as references in the withstand test (see 4.4).

If the preconditioning process performed at the reference salinity requires excessively high voltages, the use of higher values of salinity for the preconditioning is allowed. If, in spite of this expedient, the voltage required remains too high, shorter sections of the insulator may be separately preconditioned using adequate procedures to avoid overstressing of the internal insulation, if any (e.g. in the case of arresters or bushings).

## 5.6 Withstand test

The object of this test is to confirm the specified withstand salinity of the insulator at the specified test voltage.

The test shall start when the test insulator and the chamber conditions fulfil the requirements given in clause 5.4 and after the preconditioning of the insulator according to 5.5.

A series of tests are performed on the insulator at the specified test voltage, using a salt solution having the specified test salinity in accordance with 5.2. The duration of each test shall be 1 h, if no flashover occurs before that time has elapsed. The insulator shall be carefully washed with tap water before each subsequent test.

## 5.7 Acceptance criterion for the withstand test

The insulator complies with this specification if no flashover occurs during a series of three consecutive tests in accordance with the procedure in 5.6. If only one flashover occurs, a fourth test shall be performed and the insulator then passes the test if no flashover occurs.

NOTE For research purposes the withstand characteristics of an insulator can be determined. Practices for assessing or checking these characteristics are given in Annex B.

# 6 Solid layer methods

## 6.1 General information

The solid layer test procedure simulates type A pollution (see IEC 60815-1) where a solid layer containing salts and inert materials builds up on the insulator surface. When wetted this layer becomes conductive.

Depending on the technique of solid layer wetting there are two procedures for the solid layer test method.

**Procedure A (not commonly used) – wetting before and during energization** which, among others, simulates pollution conditions with the situation of “cold switch-on” (energising a line or a station with contaminated insulators that have their surface completely wetted).

The degree of pollution in a test is defined in terms of layer conductivity ( $\mu\text{S}$ ).

The wetting process is made according to the following two phases

- wetting of the dry layer up to the maximum conductivity (severity value for the individual test) in 20 to 40 minutes without applying the test voltage
- continuing of the wetting after immediate application of the constant test voltage for 15 minutes at maximum.

**Procedure B (commonly used) – wetting after energization**, where the test voltage is applied to a dry insulator before any wetting occurs. This simulates the most frequent situation for sites with solid layer contamination as may occur in rural, industrial and desert conditions.

The degree of pollution in a test is defined by Salt Deposit Density (SDD), which is expressed in mg of salt (NaCl) per cm<sup>2</sup> of the specified surface of the test specimen.

For this procedure, the wetting process is started after the application of constant test voltage to the insulator with the layer dry and it lasts with a constant steam input rate to the end of individual test.

NOTE Based on experience with solid layer pollution tests this procedure is recommended for testing of insulators for highest system voltage 800 kV and above. Some supplementary information is given in Annex E.

## 6.2 Main characteristics of inert materials

Kieselguhr, Kaolin or Tonoko can be used as inert materials

Ranges of values for the main characteristics of the types of Kieselguhr, Kaolin and Tonoko that are used for the suspensions are given in Table 2.

Inert materials having other names, but whose characteristics are proved to match with the same ranges of one of the above-mentioned types, may be used in place of that type.

**Table 2 – Main characteristics of the inert materials used in solid layer suspensions**

Type of inert material	Weight composition %				Granulometry (cumulative distribution) μm			Volume conductivity σ <sub>20</sub> S/m
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	16 %	50 %	85 %	
Kieselguhr	70 to 90	5 to 25	0,5 to 6	7 to 14	1 to 10	10 to 20	20 to 50	0,0015 to 0,02
Kaolin	40 to 50	30 to 40	0,3 to 2	7 to 14	0,5 to 2	2 to 8	8 to 25	0,0015 to 0,02
Tonoko	60 to 70	10 to 20	4 to 8	–	1 to 3	5 to 10	15 to 30	0,002 to 0,01

NOTE 1 Granulometry distribution gives the values of the hole diameter of a sieve in μm through which one of the quoted percentages of the total mass of particles passes. The values in Table 2 were determined by measurement using the laser light scattering technique. Other methods may provide somewhat different values.

NOTE 2 Volume conductivity for the characterization of inert material is determined with the use of demineralised water.

## 6.3 Composition of the contaminating suspension

### 6.3.1 General

A suspension shall be prepared using one of the two following compositions:

### 6.3.2 Kieselguhr composition

It consists of:

- 100 g Kieselguhr (diatomaceous earth, diatomite), see 6.2;
- 10 g highly-dispersed silicon dioxide, particle size 2 to 20 nm;
- 1 000 g tap water;
- a suitable amount of NaCl of commercial purity.

When the volume conductivity of tap water is higher than 0,1 S/m, the use of demineralised water is recommended.

To achieve the reference degree of pollution on the insulator under test, with the prescribed tolerance of  $\pm 15\%$ , an appropriate value of volume conductivity of the prepared suspension is to be determined by submitting the insulator itself (or a part of it) to preliminary contamination trials. The desired volume conductivity is reached by adjusting the amount of salt in the suspension. As an approximate guide to start the trials, Table 3 gives an approximate correspondence between the reference degree of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C.

**Table 3 – Kieselguhr composition: approximate correspondence between the reference degrees of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C**

Reference degrees of pollution for Kieselguhr composition		Volume conductivity of the suspension
Salt deposit density <i>SDD</i> mg/cm <sup>2</sup>	Layer conductivity <i>K</i> <sub>20</sub> μS	
0,017 6	7	0,21
0,025	10	0,30
0,035 3	14	0,42
0,005	20	0,60
0,070 5	28	0,85
0,1	40	1,20
0,141	56	1,69
0,20	80	2,40

### 6.3.3 Kaolin (or Tonoko) composition

It consists of:

- 40 g Kaolin (or Tonoko), see 6.2;
- 1 000 g tap water;
- a suitable amount of NaCl of commercial purity.

NOTE Kaolin is the preferred material being more generally used. However for a.c. tests the use of Tonoko is permitted, but test results are not directly comparable and the different slurry concentrations may be needed to attain the required NSDD range.

When the volume conductivity of tap water is higher than 0,1 S/m, the use of demineralized water is recommended.

To achieve the reference degree of pollution on the insulator under test, with the prescribed tolerance of  $\pm 15\%$ , an appropriate value of volume conductivity of the prepared suspension is to be determined by submitting the insulator itself (or part of it) to preliminary contamination trials. The desired volume conductivity is reached by adjusting the amount of salt in the suspension.

As an approximate guide to start the trials, Table 4 gives an approximate correspondence between the reference degree of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C, in the case of standard cap and pin insulators contaminated in a vertical position in normal ambient conditions. The volume conductivity required for other insulators can vary from the values given in Table 4.

**Table 4 – Kaolin (or Tonoko) composition: approximate correspondence between the reference degrees of pollution on the insulator and the volume conductivity of the suspension at a temperature of 20 °C**

Reference degrees of pollution for Kaolin (or Tonoko) composition		Volume conductivity of the suspension $\sigma_{20}$ S/m
Salt deposit density <i>SDD</i> mg/cm <sup>2</sup>	Layer conductivity $K_{20}$ $\mu$ S	
0,012	-	0,5
0,018	-	0,7
0,025	3	1
0,035	4,2	1,4
0,05	5,5	2
0,07	8	2,8
0,1	11	4
0,14	14,5	5,6
0,2	20	8
0,28	27	11,2
0,4	37	16

NOTE Kaolin is the preferred material being more generally used. However for a.c. tests the use of Tonoko is permitted since laboratory experience proved that the test results with these two materials are close.

#### 6.4 Application of the pollution layer

The suspension prepared using one of the compositions described in 6.3 shall be applied by spraying or flowing on the dry insulator, previously cleaned according to 4.2.2, to obtain a reasonably uniform layer. Alternatively the insulator may be dipped in the suspension, provided its size makes this operation possible.

NOTE 1 The use of a probe (see Annex C) is suggested for a check on the wet layer, when the uniformity does not appear to be satisfactory during visual examination.

NOTE 2 The artificial layer may be applied on the insulator surface by spraying the prepared suspension through one or two nozzles of a commercial type spray gun. The direction of the spray nozzles shall be adjusted to ensure a reasonably uniform layer on the whole insulator surface. A distance of about 20 cm to 40 cm between the spray nozzle outlet and the rim of the insulator shed has been found satisfactory. It is desirable to keep the suspension stirred.

The required degree of pollution on the insulator may be obtained by repeated applications.

NOTE 3 The coating time can be reduced by preheating the insulator. In this case the complete insulator should be in thermal equilibrium with the air in the test chamber at the start of the test. The coating time can also be reduced by drying the layer between successive applications.

Other techniques are suitable and can also be used. For instance the practice of flooding the prepared suspension over the insulator surface, until it is flowing-on ("flow-on" technique), is particularly suitable for large or long insulators, when Kaolin or Tonoko compositions are used.

NOTE 4 A preconditioning process, as specified for the salt fog test, is not necessary with the solid layer methods. More details are given in D.1.

The layer shall be left to dry prior to the submission of the insulator to the test. More details are given in D.2.



## 6.5 Determination of the degree of pollution of the tested insulator

### 6.5.1 General

The degree of pollution of the tested insulator, expressed in terms of layer conductivity or salt deposit density, is determined as follows.

### 6.5.2 Layer conductivity ( $K$ )

As already mentioned, the layer conductivity is calculated by multiplying the layer conductance measured on the unenergized insulator by its form factor ( $F_f$ ).

The layer conductance measurement is repeated on the insulator during its wetting, with the aim of determining the maximum value reached.

Each measurement of the layer conductance consists of applying to the insulator a voltage not lower than 700 V r.m.s. per metre of overall creepage distance and measuring the current flowing through the wet layer. The voltage must be applied only long enough to read the meter.

When higher voltage values are used, the measuring time shall be short enough to avoid serious error due to heating or drying of the pollution layer. To this aim it shall be checked that neither surge activity nor amplitude variations affect the shape of the measured current.

The layer conductivity shall be related to the reference temperature of 20 °C, using the following formula:

$$K_{20} = K_{\theta_{IS}} [1 - b (\theta_{IS} - 20)]$$

where:

$\theta_{IS}$  is the temperature of the insulator surface (°C)

$K_{\theta_{IS}}$  is the layer conductivity at a temperature of  $\theta_{IS}$  °C ( $\mu\text{S}$ )

$K_{20}$  is the layer conductivity at a temperature of 20°C ( $\mu\text{S}$ )

$b$  is the factor already defined in 5.2.

### 6.5.3 Salt deposit density ( $SDD$ )

The deposit is removed and carefully collected from the surface of a separate insulator (or from a part thereof), identical to the tested one and contaminated in the same way. The whole surface of this insulator, or the upper and lower surfaces separately, are cleaned for this purpose, excluding metal parts. More details are given in D.8.

In the case where only one cylindrical insulator is available for test, measurement of salt deposit density is made on a few of its sheds. Thereafter, the cleaned surface shall be re-polluted by re-applying the pollution layer.

After the contaminating operation on the insulator (or part thereof) chosen for  $SDD$  measurement, the drops shall be removed carefully before drying the layer. In this way, errors can be avoided in quantifying the degree of pollution really effective in the test.

The deposit is then dissolved in a known quantity of water, preferably demineralized water. The resulting suspension is kept stirred for at least 2 min before the measurement of its volume conductivity  $\sigma_{\theta}$  (S/m) at the solution temperature  $\theta$  (°C). Then the value  $\sigma_{20}$  obtained from  $\sigma_{\theta}$  by the same relationship as that given in 5.2.

The salinity  $S_a$  ( $\text{kg/m}^3$ ) of the suspension is determined, when  $\sigma_{20}$  is within the range 0,004 to 0,4 S/m, by the use of the following formula:

$$S_a = (5,7 \sigma_{20})^{1,03}$$

The salt deposit density  $SDD$  (mg/cm<sup>2</sup>) is then obtained by the following formula:

$$SDD = \frac{S_a \times V}{A}$$

where:

$V$  is the volume of the suspension (cm<sup>3</sup>)

$A$  is the area of the cleaned surface (cm<sup>2</sup>)

## 6.6 General requirements for the wetting of the pollution layer

The test object shall be wetted by means of fog generators which provide a uniform fog distribution over the whole length and all around the test object. The temperature of the test object at the beginning of the wetting shall be within  $\pm 2$  K of the ambient temperature in the test chamber. A plastic tent, surrounding the test object, may be used to limit the volume of the test chamber.

NOTE If a plastic tent is used, it may be useful to check the wetting efficiency by dummy insulator (see D.4).

The fog generation in the test chamber shall be maintained until the end of each individual test at a constant steady rate of flow.

After a certain degree of wetting of the pollution layer is reached, moisture starts to drip from the edges of insulator sheds; thus some pollutant content is removed from the layer and a progressive washing of the test object can be expected.

## 6.7 Test procedures

### 6.7.1 General

Two alternative procedures are proposed, basically differing in the layer conditions, wet or dry, of the test object at the instant at which the test voltage is applied to it.

The main rules relevant to the two test procedures are given below.

### 6.7.2 Procedure A – Wetting before and during energization

For this procedure, the insulator is contaminated using either Kieselguhr composition (see 6.3.1) or Kaolin (or Tonoko) composition (see 6.3.3). The degree of pollution is generally expressed in terms of layer conductivity, but the salt deposit density may be used also.

The insulator is prepared for the test according to 6.4 and placed in its test position in the chamber, when the fog generation is started.

Steam fog should preferably be used to wet the pollution layer.

A steam fog generator, consisting of a distribution pipe, with nozzles spaced at equal distance, is shown in Figure 5, as an example.

NOTE Instead of the steam fog, it is permitted to use a fog generated with nozzles spraying warm or cold water (see as an example the device in Figure 2), provided that this fog gives the recommended uniform wetting.

When this variant is used, before starting the test, cooling of the test object may be advantageous.

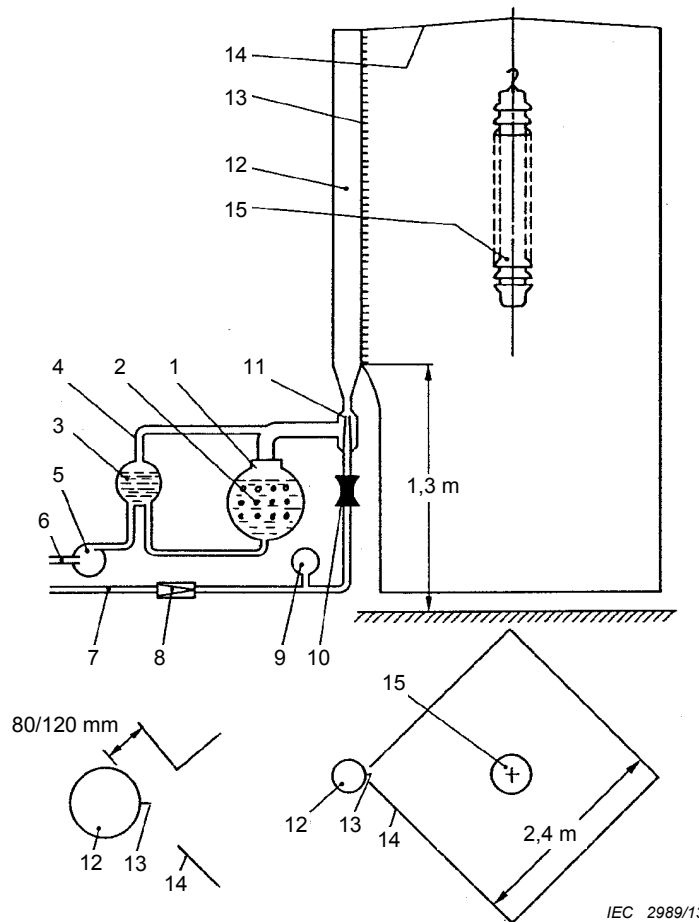
For the evaluation of the layer conductivity, layer conductance measurements are performed on the test object according to 6.5.2.

The flow rate of the fog input in the chamber, at normal ambient temperature, shall be sufficiently high to ensure that the layer conductivity reaches its maximum value within 20 min to 40 min from the start of the fog generation. The maximum value of the layer conductivity measured in the test is assumed to be the reference layer conductivity.

The test voltage is then applied, either instantaneously or during a time not exceeding 5 s, and maintained until flashover, or for 15 min if no flashover occurs.

The insulator is then removed from the fog chamber and allowed to dry. It is placed for the second time in the chamber and re-wetted by the fog until the layer conductivity reaches its maximum value; if this is not lower than 90 % of the above-mentioned reference value, the test voltage is applied again and maintained until flashover, or for 15 min if no flashover occurs; if it is lower than 90 %, the pollution layer shall be applied again to the insulator, according to 6.4.

No more than two consecutive tests shall be performed on an insulator with the same pollution layer.



- 1 = low-pressure boiler, capacity about 20 l
- 2 = electrical heater: 12 heating coils, each of 3 kW
- 3 = feed-water regulator valve
- 4 = pressure-equalizing pipe
- 5 = boiler feed pump: 50 l/h, 1 bar
- 6 = connection for softened water
- 7 = connection for compressed air
- 8 = adjustable compressed-air reduction valve
- 9 = pressure gauge: 0 to 5 bars
- 10 = compressed-air valve, electric remote control
- 11 = injector nozzle: 7,5/16 mm diameter
- 12 = multipart nozzle pipe. Three nozzle pipes, each of 1,5 m length, and one intermediate pipe without nozzles for elevated installation. Overall total height from ground: 11 m; internal diameter of the lower pipe: 120 mm; internal diameter of the pipes reduced in steps to 50 mm for the upper pipe
- 13 = nozzle, internal diameter: 1,6 mm; distance between adjacent nozzles: 30 mm
- 14 = plastic tent
- 15 = test object

**Figure 5 – Typical arrangement of steam-fog generator**

### 6.7.3 Procedure B – Wetting after energization

For this procedure, the insulator is contaminated using Kaolin (or Tonoko) composition (see 6.3.3). The degree of pollution is generally expressed in terms of salt deposit density (see 6.5.3).

NOTE Measurements of the layer conductance are generally not requested. On agreement between the manufacturer and the user, they may be performed during the wetting on a separate, unenergized insulator, identical to the one tested (or to a part of it) and contaminated in the same way.

The insulator is prepared for the test according to 6.4 and placed in its test position in the chamber with the pollution layer still dry.

Steam fog shall be used for wetting the pollution layer.

The fog generators shall be under the test object as close as possible to the floor level. In all cases they shall be at least 1 m away from the test object and their flow shall not be directed towards it.

For very large test objects uniform wetting of the layer may be difficult to achieve. In such cases the procedure described in D.5 may be used to check fog uniformity.

The steam input rate in the chamber shall be zero until the test voltage is applied and constant thereafter. At normal ambient temperature, the nominal steam input rate is  $0,05 \text{ kg/h} \pm 0,01 \text{ kg/h}$  per cubic metre of the test chamber volume. In cases of very low or high outdoor temperature, especially with poor thermal insulation of the chamber, high altitude, or the presence of turbulence in the chamber, a direct check of the wetting action of the fog may be required as described in D.4 and according to the checking results the necessary steam input rate may be different.

The test voltage is maintained until flashover occurs. Otherwise it is maintained for 100 min from the start of the test or until the current peaks, if they are measured, have decreased to values permanently lower than 70 % of the maximum peak recorded. More details are given in D.6 and D.7.

For this procedure the pollution layer is used only once.

### **6.8 Withstand test and acceptance criterion (common to both Procedures A and B)**

The object of this test is to confirm the specified withstand degree of pollution at the specified test voltage. The insulator complies with this specification if no flashover occurs during three consecutive tests performed in accordance with 6.7.2 for Procedure A or with 6.7.3 for Procedure B.

If only one flashover occurs, a fourth test shall be performed and the insulator then passes the test if no flashover occurs.

NOTE For research purposes the withstand characteristics of an insulator can be determined. Practices for assessing or checking these characteristics are given in Annex B.

**Annex A**  
(informative)

**Supplementary information on the assessment  
of the requirement for the testing plant**

Many laboratories have provided measurements of the highest leakage current pulse amplitudes  $I_h$  occurring on a polluted insulator throughout the duration of all individual withstand tests in withstand conditions (see Annex B), which have been examined. The Table A.1 below gives for the different levels of the electrical surface stress expressed in terms of unified specific creepage distance (see IEC 60815-2) and for the specified conditions of the testing plant (4.4) the maximum  $I_h$  values ( $I_{h \max}$ ) recorded on all insulator types in any test position.

**Table A.1 – Expected  $I_{h \max}$  values related to different USCD values**

Unified specific creepage distance mm/kV	$I_{h \max}$ $A_{\text{peak}}$
27,8 (= $16 \times \sqrt{3}$ )	0,55
34,7 (= $20 \times \sqrt{3}$ )	0,85
43,3 (= $25 \times \sqrt{3}$ )	1,35

NOTE These  $I_{h \max}$  values may be exceeded when an insulator is tested in conditions more critical than those mentioned above, for example when the flashover probability is higher than that corresponding to a withstand test in withstand conditions.

If the ratio  $\frac{I_{sc}}{I_{h \max}}$  is considered,  $I_{sc}$  being defined in 4.4.2, its limit value, above which test results (e.g. withstand voltage or withstand degree of pollution, see Annex B) are no more influenced by the ratio itself, can be determined. On the basis of the available laboratory experience, this limiting value is estimated as equal to 11 in the range of the electrical surface stress given in the table above.

As regards the ratio  $\frac{I_c}{I_{sc}}$  the specified limits are usually met by several testing plants. In particular the lower limit is generally complied with due to the amount of the equivalent source capacitance, the lumped capacitance (bushing and voltage divider) and the stray capacitances of the circuit.

## **Annex B** (informative)

### **Determination of the withstand characteristics of insulators**

#### **B.1 General**

Subclauses 5.6 and 6.8 deal with the verification of the specified withstand degree of pollution, at the specified test voltage. In addition, however, the characteristics of an insulator can be determined over a range of voltage, or, in other words, over a range of specific creepage distances of the insulator itself. To do this the maximum withstand degree of pollution is measured at different voltage levels or, in some other cases, the maximum withstand voltage, or the 50 % withstand voltage, at different reference degrees of pollution values. Examples of procedures for such evaluations are described below.

Directions for checking the laboratory equipment for artificial pollution tests, when requested, are given in B.4.

#### **B.2 Determination of the maximum withstand salinity at a given test voltage**

The insulator shall be subjected to a number of tests at a given test voltage and at different salinities among those listed in 5.2. The test shall be performed according to 5.6.

The tests can be carried out in any sequence providing that:

- a) when the total number of flashovers at any salinity reaches two, no further tests shall be carried out at the same or higher salinities;
- b) when the total number of withstands reaches three, no further tests shall be carried out at the same or lower salinities.

The preconditioning process (see 5.5) shall be performed on the insulator before the determination of the maximum withstand salinity.

NOTE When test series of long duration are performed, the insulator may need cleaning, as recommended in 4.3.2, and subsequently preconditioned whenever the conditions of the insulator require it.

If four withstands are recorded at 224 kg/m<sup>3</sup> salinity, the maximum withstand salinity shall be assumed as being equal to or greater than 224 kg/m<sup>3</sup>. If one flashover and three withstands are recorded at 224 kg/m<sup>3</sup> salinity, this salinity shall be considered as the maximum withstand salinity.

#### **B.3 Determination of the maximum withstand voltage, or of the 50 % withstand voltage, at a given reference layer conductivity, or at a given reference salt deposit density**

##### **B.3.1 Maximum withstand voltage**

A series of tests shall be carried out on insulators having a given value of reference layer conductivity or reference salt deposit density. Each test shall be carried out at any one of a number of voltage levels, each of which shall be about 1,05 times the next lowest value.

Each test shall be made in accordance with 6.7.

The tests can be carried out in any sequence provided that:

- a) when the total number of flashovers at any voltage reaches two, no further tests shall be carried out at the same or higher voltage levels;
- b) when the total number of withstands at any voltage reaches three, no further tests shall be carried out at the same or lower voltage levels.

### B.3.2 50 % withstand voltage

The insulator shall be subjected to at least ten "useful" tests at a given reference degree of pollution. The test shall be made in accordance with 6.7.3. The applied voltage level in each test shall be varied according to the up-and-down method. The voltage step shall be about 10 % of the expected 50 % withstand voltage.

The first "useful" test should be selected as being the first one that yields a result different from the preceding ones. Only this test and at least nine of the following tests should be taken as useful tests to be considered to determine the 50 % withstand voltage. The calculation of the 50 % withstand voltage shall be made using the following formula:

$$U_{50\%} = \frac{\sum (n_i \times U_i)}{N}$$

where:

$U_i$  is an applied voltage level

$n_i$  is the number of groups of tests carried out at the same applied voltage level  $U_i$

$N$  is the number of useful tests

More details on the up-and-down method and processing of the relevant results are to be found in IEC 60060-1.

NOTE The 50 % withstand voltage is often referred to as "50 % flashover voltage".

## B.4 Withstand values of reference suspension insulators

To facilitate checking of existing or new laboratory equipment for artificial pollution tests, ranges of values for the withstand characteristics of a few reference suspension insulators are given in Table B.1. These values, which are based on results from several laboratories, located at less than 1 000 m altitude above sea level, were obtained according to the recommendations given in this standard.

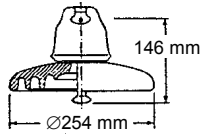
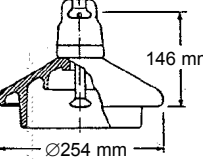
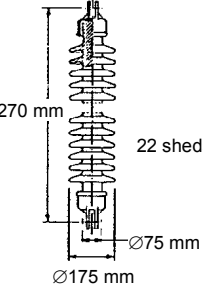
NOTE The reference suspension insulators given in Table B.1 are not to be seen as representative of their respective classes. Their choice does not imply by itself any judgement of merit or any assumption that they might have better performance than other similar types in tests or in operating conditions.

Laboratories starting artificial pollution tests or which are located at altitudes higher than 1 000 m above sea level, or which do not commonly use one of the above mentioned test methods, may expect, in the relevant results, some variation from the ranges of values given in Table B.1.



**Table B.1 – Ranges of values of withstand characteristics of reference suspension insulators in artificial pollution tests**

Single strings in vertical arrangement

Insulator type and number of units per string	Unified specific creepage distance	Applied voltage (r.m.s.)	Salt fog test method	Solid layer methods			
				Procedure A <sup>a)</sup>		Procedure B	
			Maximum withstand salinity	Maximum withstand layer conductivity	Maximum withstand salt deposit density	Maximum withstand salt deposit density	Maximum withstand layer conductivity
	mm/kV	kV	kg/m <sup>3</sup>	μS	mg/cm <sup>2</sup>	mg/cm <sup>2</sup>	μS
 9 units Overall creepage distance: 2 630 mm	27,8 (= 16 × √3)	95	7 to 14	7 to 14	0,02 to 0,04	0,035 to 0,07	
	34,7 (= 20 × √3)	76	20 to 40	14 to 28	0,04 to 0,1	0,1 to 0,2	
 9 units Overall creepage distance: 3 510 mm	34,7 (= 20 × √3)	101	28 to 56	14 to 28	0,04 to 0,1	0,1 to 0,2	
	43,3 (= 25 × √3)	81	80 to 160	20 to 40	0,06 to 0,15	0,28 to 0,56	
 1 unit Overall creepage distance: 2 960 mm	34,7 (= 20 × √3)	85	14 to 28	14 to 40	0,025 to 0,08	0,1 to 0,2	
	43,3 (= 25 × √3)	68	40 to 80	28 to 56	0,06 to 0,13	0,28 to 0,56	

a) The values of maximum withstand layer conductivity and maximum withstand salt deposit density for procedure A refer to tests carried out using the composition of the suspension given in 6.3.2.

## Annex C (informative)

### Measurement of layer conductivity for checking the uniformity of the layer

The device for the measurement of the layer conductivity ( $K$ ) of the wet layer on an insulator surface basically consists of a probe and a meter. As an indication a possible arrangement of such a device is described in the following:

– *Probe* (Figure C.1)

Two spherical stainless steel electrodes, 5 mm in diameter and having a distance of 14 mm between centres, overhanging from the probe shall be pressed by hand against the insulator surface. A constant surface pressure is obtained by means of a spring mechanism developing a force of about 9 N.

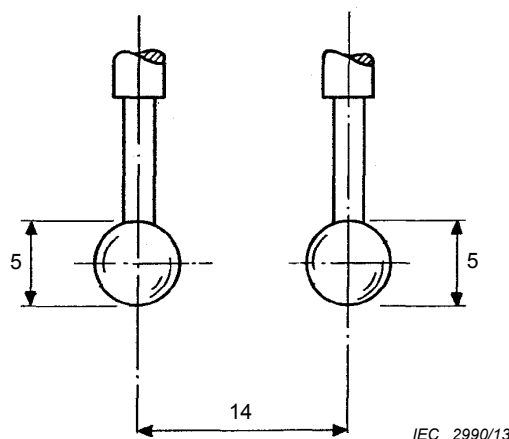
– *Meter* (Figure C.2)

A voltage source stabilized by a Zener-diode at 6,8 V supplies the current across the electrodes and the surfaces between them. The measuring instrument with a full scale deflection at 50  $\mu$ A is protected by a diode in parallel.

For thin films with a layer conductivity of 50  $\mu$ S, the resistance between the electrodes is assumed to be 32,7 k $\Omega$ : the respective values for 100  $\mu$ S and 500  $\mu$ S layer conductivity are 16,35 k $\Omega$  and 3,27 k $\Omega$ . Each of these resistances is combined with a test battery inserted in parallel with the electrodes. The selector switch is used to choose the full scale deflection for the respective measuring ranges.

The above measurement of layer conductivity shall be carried out at different points of the insulator surface. The polarization effect shall be taken into account by a momentary operation of the meter push-button.

The uniformity of the layer is deemed acceptable when the difference between each of the measurements and their average, as a percentage of the average value, does not exceed the limits by  $\pm 30$  %.



**Figure C.1 – Arrangement of the probe electrodes  
(all dimensions in mm)**

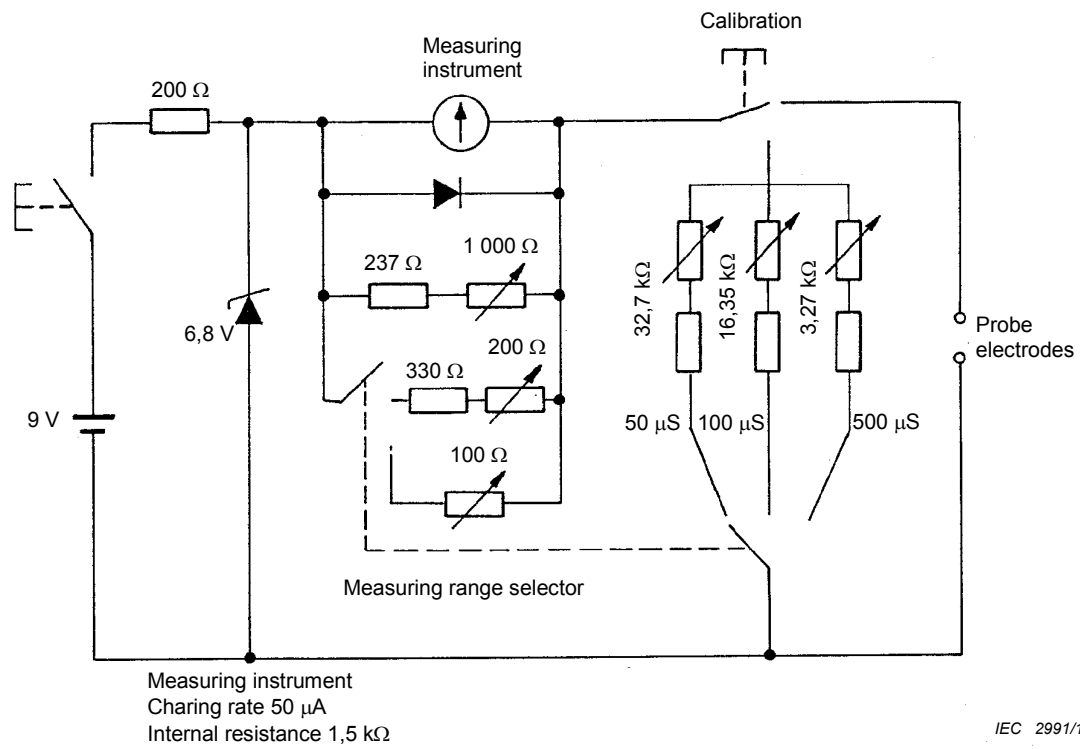


Figure C.2 – Circuit diagram of the meter

## **Annex D** (informative)

### **Additional recommendations concerning the solid layer method procedures**

#### **D.1 General**

The additional recommendations given below go more deeply into the practices of the solid layer methods, providing criteria for auxiliary controls during the tests and preventing users not yet sufficiently expert in this field from possible inaccuracies.

D.2 and D.3 are general, while D.4 to D.8 mainly refer to procedure B of the solid layer methods.

#### **D.2 Contamination practice**

When the spraying or "flow-on" practice is used, the operation can be performed on the insulator placed in the chamber in its test position. When the dipping practice is used, the insulator shall be contaminated before its erection in the test chamber. If the insulator consists of several units in series, each of them shall be dipped separately and then be kept with its axis vertical for the duration of dripping of the contaminant and until the layer is completely dry.

If, after the contaminating operation, a blotched layer is observed on the insulator, its surface shall be washed and cleaned again according to 5.2. Then one or more trial contaminations are performed, each followed by the relevant washing, until a continuous layer is obtained on the insulator. The tests may then be started. Experience has shown that, in general, it suffices to repeat the operation several times in order to have the insulator surface ready to be contaminated in a satisfactory way, without using any preconditioning process.

#### **D.3 Drying of the pollution layer**

Natural drying of the pollution layer on the insulator may be sufficient, provided that it lasts long enough (6 h to 8 h) while the relative humidity around the insulator is kept not higher than 70 %. Humidity values lower than this level allows shorter drying times.

If hot air is used to accelerate the drying of the layer, the method for producing hot air shall not result in the deposition of material which affects either the wetting of the insulator surface or the degree of pollution. For instance, some flame combustion may generate oil substances which may inhibit the wetting of the insulator surfaces.

Finally the speed of the hot air flow is to be controlled, in order to prevent the removal of any content of the layer from the insulator surface.

#### **D.4 Check of the wetting action of the fog**

In cases of very low or high outdoor temperature, especially with poor thermal insulation of the chamber, high altitude, or the presence of turbulence in the chamber, a direct check of the wetting action of the fog on the test insulator may be required.

To this effect, a dummy insulator consisting of a string of at least two units of the standard cap and pin type of Table B.1 contaminated at the *SDD* value equal to 0,07 mg/cm<sup>2</sup> shall be

put unenergized in the test chamber, in place of the test insulator, at the same average height from the floor. While the fog generator is working as in a real test, the current flowing through the wet layer of the dummy insulator is measured according to the procedure given in 6.5.2. The increase of the layer conductance in time shall be monitored and compared with the reference curve given in Figure D.1. If necessary, a re-adjustment of the fog input rate shall be carried out to ensure that the measured curve matches the reference one.

## D.5 Checking fog uniformity for large or complex test objects

If the test object is large or complex (e.g. more than 3 m long or with several insulating parts submitted to voltage) it may be necessary to check that the fog density (and hence the wetting rate) is uniform at the different parts of the test object. Uneven wetting of the test object, notably if the live end is wetted while the rest is still relatively dry can lead to incorrect results.

Measurements are made near the test object itself or placed at positions corresponding to the position of the test object if it is not present. It is left up to the test laboratory to decide on suitable measurements, typical examples are:

- Conductance measurement on polluted dummy insulators (measured as described in D.4)

The dummy insulators shall be placed at positions that fall within the following guidelines:

- Within 1 to 1,5m lateral distance from the test object
- For test objects up to 3 m in height, one measurement site is sufficient and shall be placed approximately at the middle of the test object. For test objects exceeding 3 m in height the number of measuring sites shall be increased to cover the full height of the test object. It is recommended that the maximum distance between two adjacent measuring sites does not exceed 3 m.
- Conductance measurement on sections of the polluted test object itself is performed using suitable electrodes, e.g. copper adhesive tape. The conductance of these sections is measured as described in D.4. The location of the electrodes should be such, to guarantee the uniform wetting distribution along the test object. In the case of multiple parallel insulator configurations, there is no need for measurement on each insulator arm.

It is recommended to carry out the wetting rate check as described in D.4 after any adjustments in order to ensure that the steam input rate is still correct.

## D.6 Fog input in the test chamber

The fog shall be produced by steam generated by boiling water in open tanks or by steam admitted at low velocity through large diameter spray nozzles. The fog input in the test chamber shall be allowed only after the steam generation has reached its steady rate. Therefore, when the steam is produced by tanks, they shall be kept covered until the water inside reaches boiling point.

The insulator shall be positioned so that the visible fog surrounds it as uniformly as possible.

The temperature rise in the test chamber, measured at the height of the test object, shall not exceed 15 K by the end of the test.

## D.7 Minimum duration of the withstand test

A direct evaluation of the minimum time a test shall last to be considered as a withstand test, can lead in some cases to times shorter than prescribed in 6.7.3. To this effect, measurements of the peaks of the surge current on the energized test insulator shall be performed during the test. After the maximum peak is reached, the surge current diminishes owing to the washing of the layer in progress after its wetting. When the current peaks have

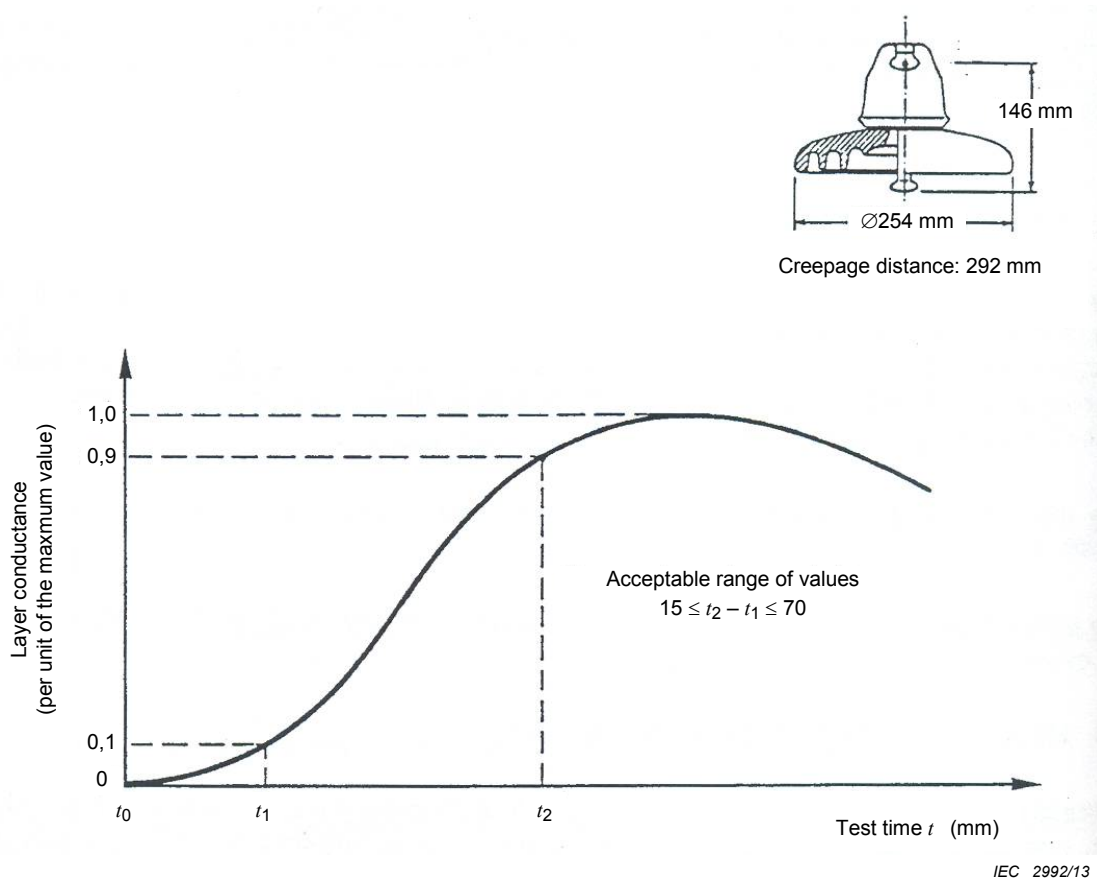
decreased to values permanently lower than 70 % of the maximum peak recorded, the withstand of the insulator is definitive and the test can be stopped.

**D.8 Evaluation of the reference salt deposit density (SDD)**

The pollution layer shall be removed completely from the chosen area of the insulator. To this effect the area shall be wiped at least three consecutive times.

As an indication, 2 to 4 litres of demineralized water per square metre of the cleaned surface can be used for dissolving the collected deposit. The effectiveness of the removal operation can be checked by making successive measurements of the residual deposit.

Every contaminating practice leads to some difference in the SDD values measured separately, on the upper and lower surfaces of the insulator. This difference is affected both by the insulator shape and the type of the contaminating suspension (see 6.3). It is suggested that the ratio between a local measurement of SDD and that on the whole area of the insulator be checked as lying in the range 0,7 to 1,3.



**Figure D.1 – Control of the wetting action of the steam fog: Layer conductance recording during the test on the chosen dummy insulator (standard type of Table B.1)**

## **Annex E**

### **(informative)**

# **Supplementary information on artificial pollution tests on insulators for voltage systems of 800 kV and above (solid layer method procedure B)**

## **E.1 Introduction**

In this annex, supplementary information, especially on testing facilities, wetting system, check of wetting action and steam input rate, is given with solid layer method–procedure B for artificial pollution tests on insulators for voltage systems of 800 kV and above.

## **E.2 Test chamber**

Recommended distances (in meters) of the live parts of test object from any earthed structure shall be greater than maximum phase to earth test voltage (in kV) divided by 200. The same distance shall be maintained between the live part of voltage supplier bushing and any part of test object.

## **E.3 Fog generator**

The fog can be generated in different ways, such as boiler(s) in the test chamber, horizontal and/or vertical nozzles fed by external steam generator, or combination of the above.

When nozzles are used they shall not be directly pointed at the test object.

## **E.4 Wetting action and uniformity of fog density**

Check of the wetting action and fog distribution uniformity according to D.4 and D.5 is recommended at least at each change of test configuration.

**NOTE** For large test objects there may be significant scatter in the test results, particularly at UHV test levels. To minimize this scatter precise control of all test parameters is necessary.

Test experience indicates that in a case of high temperature as in summer it may be necessary to increase the initial steam input rate for example up to 0,080 kg/h/m<sup>3</sup> and to adjust the rate during the test. For example the initial rate could be kept for 10 min to 20 min and then decreased for the rest of test duration.

## Bibliography

- [1] *Polluted insulators: A review of current knowledge*. CIGRE TB No. 158, June 2000
-





## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	43
1 Domaine d'application .....	45
2 Références normatives .....	45
3 Termes et définitions .....	45
4 Exigences générales des essais .....	48
4.1 Méthode d'essai .....	48
4.2 Préparation de l'isolateur pour l'essai .....	49
4.2.1 Configuration d'essai .....	49
4.2.2 Nettoyage de l'isolateur .....	49
4.3 Exigences relatives à l'installation d'essai .....	50
4.3.1 Tension d'essai .....	50
4.3.2 Corrections atmosphériques .....	50
4.3.3 Courant de court-circuit minimal .....	50
5 Méthode du brouillard salin .....	51
5.1 Informations générales .....	51
5.2 Solution saline .....	52
5.3 Système de pulvérisation .....	54
5.4 Conditions avant de commencer l'essai .....	56
5.5 Préconditionnement .....	56
5.6 Essai de tenue .....	57
5.7 Critère d'acceptation de l'essai de tenue .....	57
6 Méthodes de la couche solide .....	57
6.1 Informations générales .....	57
6.2 Principales caractéristiques des matériaux inertes .....	58
6.3 Composition de la suspension contaminante .....	59
6.3.1 Composition Kieselguhr .....	59
6.3.2 Composition Kaolin (ou Tonoko) .....	59
6.4 Application de la couche de pollution .....	60
6.5 Détermination du degré de pollution de l'isolateur soumis à l'essai .....	61
6.5.1 Conductivité de la couche ( $K$ ) .....	61
6.5.2 Densité du dépôt de sel ( $DDS$ ) .....	61
6.6 Exigences générales relatives à l'humidification de la couche de pollution .....	62
6.7 Procédures d'essai .....	62
6.7.1 Procédure A – Humidification avant et pendant la mise sous tension .....	63
6.7.2 Procédure B – Humidification après mise sous tension .....	64
6.8 Essai de tenue et critère d'acceptation (communs aux deux procédures A et B) .....	65
Annexe A (informative) Informations supplémentaires d'évaluation de l'exigence relative à l'installation d'essai .....	66
Annexe B (informative) Détermination des caractéristiques de tenue des isolateurs .....	67
B.1 Détermination de la salinité maximale tenue à une tension d'essai donnée .....	67

B.2	Détermination de la tenue en tension maximale ou de la tenue en tension 50 %; à une conductivité de la couche de référence donnée ou à une densité du dépôt de sel de référence donnée .....	67
B.2.1	Tenue en tension maximale .....	67
B.2.2	Tenue en tension 50 % .....	68
B.3	Valeurs de tenue des isolateurs de suspension de référence .....	68
Annexe C (informative) Mesure de la conductivité de la couche pour contrôler l'uniformité de la couche .....		70
Annexe D (informative) Recommandations supplémentaires relatives aux procédures de la méthode de la couche solide .....		72
D.1	Technique de contamination .....	72
D.2	Séchage de la couche de pollution .....	72
D.3	Vérification de l'humidification par le brouillard .....	72
D.4	Vérification de l'uniformité du brouillard pour des objets d'essai volumineux ou complexes .....	73
D.5	Admission de brouillard dans l'enceinte d'essai .....	73
D.6	Durée minimale de l'essai de tenue .....	74
D.7	Évaluation de la densité du dépôt de sel (DDS) de référence .....	74
Annexe E (informative) Informations supplémentaires relatives aux essais sous pollution artificielle des isolateurs pour des réseaux de tension supérieure ou égale à 800 kV (méthode de la couche solide – procédure B) .....		76
E.1	Introduction .....	76
E.2	Enceinte d'essai .....	76
E.3	Générateur de brouillard .....	76
E.4	Humidification et uniformité de la densité du brouillard .....	76
Bibliographie .....		77
Figure 1 – Courant de court-circuit minimal, $I_{sc \min}$ , requis pour l'installation d'essai, en fonction de la ligne de fuite spécifique unifiée (USCD) de l'isolateur en essai .....		51
Figure 2 – Valeur du facteur $b$ en fonction de la température de la solution .....		53
Figure 3 – Construction type d'un pulvérisateur de brouillard .....		55
Figure 4 – Disposition d'essai pour isolateurs inclinés .....		56
Figure 5 – Disposition type d'un générateur de brouillard à base de vapeur .....		64
Figure C.1 – Montage des électrodes de la sonde (toutes les dimensions en mm) .....		70
Figure C.2 – Schéma de circuit de l'appareil de mesure .....		71
Figure D.1 – Contrôle de l'humidification par le brouillard à base de vapeur: Enregistrement de la conductance de la couche pendant l'essai sur l'isolateur témoin (type normalisé du Tableau B.1) .....		75
Tableau 1 – Méthode du brouillard salin: correspondance entre la valeur de la salinité, la conductivité volumique et la densité de la solution à une température de 20 °C .....		53
Tableau 2 – Caractéristiques principales des matériaux inertes utilisés pour les suspensions de couche solide .....		58
Tableau 3 – Composition Kieselguhr: correspondance approximative entre les degrés de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C .....		59
Tableau 4 – Composition Kaolin (ou Tonoko): correspondance approximative entre les degrés de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C .....		60
Tableau A.1 – Valeurs prévues de $I_{h \max}$ en fonction de différentes valeurs USCD .....		66

Tableau B.1 – Intervalles des valeurs de caractéristiques de tenue des isolateurs de suspension de référence dans des essais sous pollution artificielle..... 69

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS SOUS POLLUTION ARTIFICIELLE DES ISOLATEURS  
HAUTE TENSION EN CÉRAMIQUE ET EN VERRE DESTINÉS  
AUX RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60507 a été établie par le comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1991. Cette troisième édition constitue une révision technique.

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

- a) Corrections et ajout d'éléments explicatifs;
- b) Ajout du paragraphe 4.3.2 relatif à la correction atmosphérique;
- c) La modification de la limite supérieure de la conductivité de l'eau à 0,1 S/m;
- d) Extension des tensions à la gamme ultra haute tension (UHV)

-----

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
36/337/FDIS	36/342/RVD

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

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

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

# ESSAIS SOUS POLLUTION ARTIFICIELLE DES ISOLATEURS HAUTE TENSION EN CÉRAMIQUE ET EN VERRE DESTINÉS AUX RÉSEAUX À COURANT ALTERNATIF

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable à la détermination des caractéristiques de tenue à fréquence industrielle des isolateurs en céramique ou en verre qui sont à utiliser à l'extérieur et exposés à des atmosphères polluées, sur des réseaux à courant alternatif dont la tension la plus élevée du réseau est supérieure à 1 000 V.

Ces essais ne sont pas directement applicables aux isolateurs polymériques, aux isolateurs graissés ou à des types particuliers d'isolateurs (revêtus d'un émail semi-conducteur ou couverts d'un matériau organique isolant).

La présente Norme internationale a pour but de spécifier les exigences des procédures d'essais sous pollution artificielle applicables aux isolateurs pour lignes aériennes, pour postes et pour lignes de traction électrique, ainsi qu'aux traversées.

Elle peut également s'appliquer aux isolateurs creux, avec des précautions appropriées afin d'éviter l'amorçage intérieur. Lors de l'application de ces procédures aux appareils dotés d'isolateurs creux, il convient que les comités d'études concernés tiennent compte de leur effet sur tout matériel interne et prennent les précautions particulières qui peuvent être nécessaires.

## 2 Références normatives

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

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC/TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)

IEC/TS 60815-2, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)

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

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

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

valeur efficace de la tension appliquée à l'isolateur en permanence pendant toute la durée de l'essai

### 3.2

#### **courant de court-circuit ( $I_{sc}$ ) de l'installation d'essai**

valeur efficace du courant délivré par l'installation d'essai, lorsque l'objet en essai est court-circuité à la tension d'essai

### 3.3

#### **ligne de fuite spécifique unifiée USCD**

ligne de fuite d'un isolateur divisée par la tension de fonctionnement maximale appliquée à l'isolateur (pour les réseaux à courant alternatif, il s'agit le plus souvent de  $U_m/\sqrt{3}$ )

Note 1 à l'article: Celle-ci est généralement exprimée en mm/kV.

Note 2 à l'article: Cette définition diffère de celle de la ligne de fuite spécifique pour laquelle la valeur phase-phase de la plus haute tension appliquée à l'équipement est utilisée. Pour un isolement phase-terre, cette définition résultera en une valeur qui est  $\sqrt{3}$  fois celle donnée par la définition de la ligne de fuite spécifique de la CEI/TS 60815 (1986). Voir Annexe J de la CEI 60815-1:2008 pour plus de détails.

Note 3 à l'article: L'abréviation «USCD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «unified specific creepage distance».

### 3.4

#### **facteur de forme d'un isolateur**

##### **$Ff$**

valeur sans dimension présentant la longueur ( $l$ ) de la ligne de fuite partielle divisée par la largeur intégrée ( $p$ )

Note 1 à l'article: Pour les isolateurs, la longueur est dans la direction de la ligne de fuite et la largeur est la circonférence de l'isolateur.

Note 2 à l'article: Le facteur de forme est calculé par la formule

$$Ff = \int_0^L \frac{dl}{p(l)}$$

où

$L$  est la ligne de fuite totale

$$p(l) = 2\pi.r(l)$$

En ce qui concerne l'estimation graphique du facteur de forme, la valeur de l'inverse de la circonférence de l'isolateur ( $\frac{1}{p}$ ) est tracée en fonction de la ligne de fuite partielle  $l$  calculée depuis l'extrémité de l'isolateur jusqu'au point considéré. Le facteur de forme est donné par la surface située sous cette courbe.

### 3.5

#### **salinité**

##### **$S_a$**

concentration de la solution de sel dans l'eau du robinet, exprimée par la quantité de sel divisée par le volume de la solution

Note 1 à l'article: Celle-ci est généralement exprimée en kg/m<sup>3</sup>.



**3.6****couche de pollution**

couche conductrice électrolytique à la surface de l'isolateur contenant du sel et des matériaux inertes

Note 1 à l'article: La conductance de la couche de pollution sur l'isolateur est mesurée conformément à 6.5.1.

**3.7****conductivité de la couche (*K*)**

conductance de la couche de pollution multipliée par le facteur de forme

Note 1 à l'article: Celle-ci est généralement exprimée en  $\mu\text{S}$ .

**3.8****densité du dépôt de sel*****DDS***

masse de chlorure de sodium dans un dépôt artificiel sur une surface donnée de l'isolateur (les parties métalliques et le scellement ne doivent pas être inclus dans cette surface) divisée par l'aire de cette surface

Note 1 à l'article: Celle-ci est généralement exprimée en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

**3.9****degré de pollution**

valeur de la quantité (salinité, conductivité de la couche, densité du dépôt de sel) qui caractérise la pollution artificielle appliquée à l'isolateur en essai

**3.10****salinité de référence**

valeur de la salinité utilisée pour caractériser un essai

**3.11****conductivité de la couche de référence**

valeur de la conductivité de la couche utilisée pour caractériser un essai

Note 1 à l'article: Celle-ci est définie comme étant la valeur maximale de la conductivité de la couche humidifiée d'un isolateur mis sous tension seulement dans le but d'effectuer les mesures de la conductance.

**3.12****densité du dépôt de sel de référence**

valeur de la densité du dépôt de sel utilisé pour caractériser un essai

Note 1 à l'article: Il s'agit de la moyenne des valeurs des densités du dépôt de sel mesurées sur quelques isolateurs (ou certaines de leurs parties), qui sont choisis à cet effet parmi les isolateurs pollués avant de les soumettre à l'essai.

**3.13****degré de pollution spécifié tenu**

degré de pollution de référence pour lequel un isolateur doit tenir la tension d'essai spécifiée dans au moins trois essais sur quatre, dans les conditions décrites aux paragraphes correspondants 5.6 ou 6.8

**3.14****degré de pollution maximal tenu**

degré de pollution le plus élevé pour lequel au moins trois essais de tenue sur quatre peuvent être obtenus à la tension d'essai spécifiée, dans les conditions décrites aux paragraphes correspondants 5.6 ou 6.8

**3.15****tenue en tension spécifiée**

tension d'essai pour laquelle un isolateur doit tenir le degré de pollution spécifié dans au moins trois essais sur quatre, dans les conditions décrites aux paragraphes correspondants 5.6 ou 6.8

**3.16****tenue en tension maximale**

tension la plus élevée pour laquelle au moins trois essais de tenue sur quatre peuvent être obtenus pour un degré de pollution spécifié, dans les conditions décrites aux paragraphes correspondants 5.6 ou 6.8

**3.17****densité du dépôt non soluble*****DDNS***

quantité de résidus non solubles retirés d'une surface donnée de l'isolateur, divisée par l'aire de cette surface

Note 1 à l'article: Celle-ci est généralement exprimée en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

**4 Exigences générales des essais****4.1 Généralités**

Les essais de pollution peuvent être réalisés pour atteindre deux principaux objectifs:

- obtenir des informations relatives aux performances de pollution des isolateurs (pour comparer différents types/profils d'isolateurs, par exemple)
- vérifier les performances dans une configuration aussi proche que possible de la configuration de service.

Pour atteindre le premier objectif, il peut être suffisant de procéder à des essais sur des ensembles d'isolateurs relativement courts – s'ils sont représentatifs de l'ensemble complet en termes de géométrie et de profil radiaux. Les résultats de ces essais sur des isolateurs présentant une longueur d'arc de plus de 1 m peuvent être extrapolés de manière linéaire jusqu'à la plage ultra haute tension, au moins pour une pollution de moyenne à très importante.

Les essais permettant d'atteindre le deuxième objectif peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur chaque fois qu'il est nécessaire d'optimiser la conception et/ou que les conditions de montage ou les pièces actives internes de l'appareil peuvent avoir un impact sur les performances. Ces essais doivent être réalisés en simulant au plus près les conditions de service appropriées. En particulier, les essais dans d'autres positions que la verticale (inclinaison, horizontale) reproduisant les conditions de service réelles peuvent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Les essais réalisés à des tensions de réseau plus élevées (800 kV et plus) peuvent présenter des exigences particulières telles que référées à l'Annexe E.

**4.2 Méthode d'essai**

Les deux catégories suivantes de méthodes d'essai de pollution sont recommandées pour les essais normalisés:

- la méthode du brouillard salin (Article 5) dans laquelle l'isolateur est soumis à une pollution ambiante définie;
- la méthode de la couche solide (Article 6) dans laquelle une couche de pollution solide définie, suffisamment uniforme, est déposée sur la surface de l'isolateur;

NOTE 1 Dans ces méthodes d'essai, la tension est tenue constante pendant au moins plusieurs minutes. Les variantes qui prévoient une augmentation de la tension de façon continue jusqu'au contournement ne sont pas normalisées mais peuvent être utilisées pour des fins particulières.

NOTE 2 Dans le cadre d'essai d'isolateurs grandeur nature pour des tensions de réseau supérieures à 800 kV, la méthode de la couche solide peut être préférée en raison du manque d'expériences et des éventuelles difficultés liées à la méthode du brouillard salin. De plus amples informations relatives à la méthode de la couche solide pour ces isolateurs sont données à l'Annexe E.

### 4.3 Préparation de l'isolateur pour l'essai

#### 4.3.1 Configuration d'essai

L'isolateur doit être placé dans l'enceinte d'essai, complet avec les accessoires métalliques qui lui sont associés de façon immuable. La position verticale est en général suggérée pour comparer différents types d'isolateurs. Des essais dans d'autres positions (incliné, horizontale) reproduisant des conditions réelles de service peuvent être effectués après accord entre le fabricant et l'utilisateur. Si des raisons particulières justifient de ne pas soumettre en essai les isolateurs en position verticale (traversées murales et isolation longitudinale de disjoncteurs, par exemple), seule la position de service doit être prise en compte.

La distance minimale d'isolement entre une partie de l'isolateur et un objet relié à la terre, outre la structure qui supporte l'isolateur et, le cas échéant, les colonnes des pulvérisateurs, ne doit pas être inférieure à 0,5 m par 100 kV de tension d'essai et, en tout cas, jamais inférieure à 1,5 m.

Les configurations de la structure support et des parties métalliques sous tension doivent, au moins dans leur distance minimale de l'isolateur, reproduire celles qui sont prévues en service.

En ce qui concerne l'influence des effets capacitifs sur les résultats des essais, les remarques suivantes peuvent être tirées de l'expérience acquise:

- les accessoires ne sont pas considérés comme affectant notablement les résultats, tout au moins pour les tensions d'essai jusqu'à 450 kV;
- la capacité interne élevée peut avoir une influence sur le comportement de la surface externe, particulièrement dans les essais avec les méthodes de la couche solide à de faibles valeurs de sévérité de la pollution.

#### 4.3.2 Nettoyage de l'isolateur

L'isolateur doit être nettoyé soigneusement pour supprimer toutes les traces d'impureté et de graisse. Après nettoyage, les parties isolantes de l'isolateur ne doivent pas être touchées avec les mains.

La surface de l'isolateur est estimée comme étant suffisamment propre et nette de toute graisse si de grandes surfaces entièrement mouillées sont visibles après rinçage.

Dans le cas de la méthode de la couche solide, avant la première contamination, un brossage avec une boue liquide et un matériau inerte tel que le kaolin doit être effectué, puis l'isolateur doit être rincé soigneusement à l'eau du robinet. Un détergent peut être ajouté à la boue.

Avant chaque essai de pollution, l'isolateur doit de nouveau être soigneusement lavé à l'eau du robinet, exclusivement. Le lavage à la main pourrait être nécessaire, si les niveaux de *DDS* ou les résultats d'essai sont incohérents.

Dans le cas de la méthode du brouillard salin, de l'eau, de préférence chauffée à 50 °C doit être utilisée en y ajoutant du phosphate trisodique ou un autre détergent, après quoi l'isolateur doit être rincé minutieusement à l'eau du robinet. Avant ce traitement final, un brossage peut être réalisé, le cas échéant, comme dans la méthode de la couche solide.

NOTE 1 Si la conductivité volumique de l'eau du robinet est supérieure à 0,1 S/m, il est recommandé d'utiliser de l'eau déminéralisée.

NOTE 2 Les parties métalliques et le scellement peuvent, si nécessaire, être peints avec une peinture résistante à l'eau salée pour s'assurer qu'aucun produit corrosif ne se dépose sur la surface isolante lors d'un essai.

#### 4.4 Exigences relatives à l'installation d'essai

##### 4.4.1 Tension d'essai

La fréquence de la tension d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

En général, la tension d'essai correspond à la tension la plus élevée (valeur phase-terre) que l'isolateur doit tenir dans les conditions de fonctionnement normales. Pour l'équipement, elle est égale à  $U_m/\sqrt{3}$ ,  $U_m$  étant la tension la plus élevée de l'équipement (voir la CEI 60071-1). Elle est plus élevée que cette valeur pour les essais d'isolateurs dans des configurations phase-phase ou pour des réseaux à neutre isolé.

##### 4.4.2 Corrections atmosphériques

Aucun facteur de correction d'humidité ne doit être appliqué. Les tensions d'essai doivent être corrigées pour la densité de l'air conforme à la CEI 60060-1. Cependant, le coefficient m fait encore l'objet de recherches.

NOTE 1 La température dans l'enceinte d'essai pour le calcul de la densité de l'air est la température mesurée à la hauteur de l'objet en essai, avant l'essai.

NOTE 2 Le coefficient m dépend de plusieurs facteurs tels que la sévérité de pollution et les caractéristiques de l'isolateur. Pour l'instant, on peut faire provisoirement référence à la valeur  $m=0,5$  [1].

NOTE 3 Les facteurs de correction atmosphérique pour les isolateurs pollués sont actuellement à l'étude par le sous-comité CIGRE SC D1.

##### 4.4.3 Courant de court-circuit minimal

Pour les essais sous pollution artificielle, l'installation d'essai a besoin d'un courant de court-circuit ( $I_{SC}$ ) plus élevé que pour les autres types d'essais d'isolateurs, afin de s'assurer que la chute de tension durant l'essai est limitée et n'a aucune influence sur les résultats d'essai. Cela signifie qu'il faut que la valeur minimale de  $I_{SC}$  varie en fonction des conditions d'essais; par ailleurs, il existe aussi des exigences pour d'autres paramètres de l'installation d'essai.

La valeur minimale de  $I_{SC}$  ( $I_{SC \text{ min}}$ ) est donnée à la Figure 1 en fonction de la contrainte électrique de surface de l'isolateur en essai, exprimée en termes de sa ligne de fuite spécifique unifiée.

Outre l'exigence ci-dessus relative à la valeur de  $I_{SC \text{ min}}$ , l'installation d'essai doit se conformer aux deux conditions suivantes:

- rapport résistance/réactance ( $R/X$ ) supérieur ou égal 0,1;
- rapport courant capacitif/courant de court-circuit ( $\frac{I_C}{I_{SC}}$ ) dans l'intervalle 0,001 – 0,1.

L'Annexe A donne des informations supplémentaires relatives aux critères adoptés pour l'évaluation des exigences susmentionnées.

Lorsque la valeur de  $I_{SC}$  de l'installation d'essai, bien que supérieure à 6 A, ne satisfait pas aux limites données à la Figure 1, la vérification d'une caractéristique de tenue spécifiée d'un isolateur pollué (voir 5.6 et 6.8) ou la détermination de sa caractéristique de tenue maximale (voir Annexe B), peut encore être exécutée à condition que la validité de la source soit directement établie en effectuant le contrôle suivant.

Dans chaque essai individuel concernant cette investigation, l'amplitude d'impulsion la plus élevée du courant de fuite est enregistrée et sa valeur maximale ( $I_{h \max}$ ) est déterminée en considérant les trois essais tenus et ce, dans les conditions de tenue.

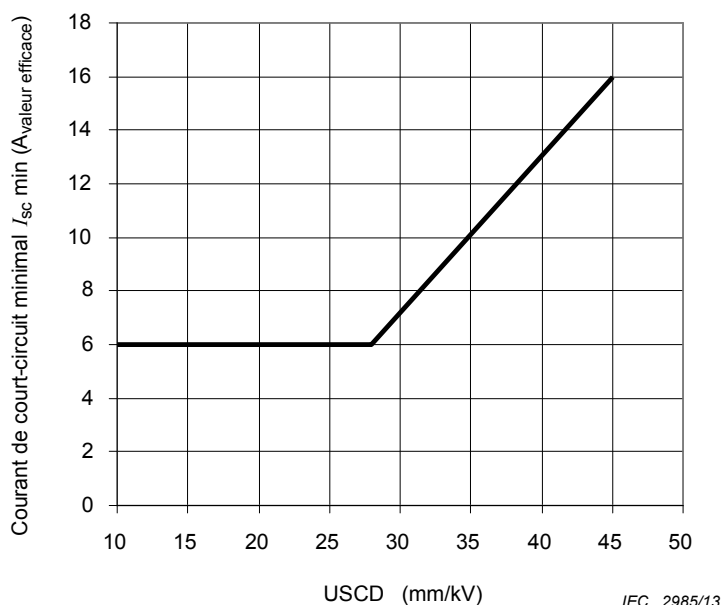
La valeur  $I_{h \max}$  doit se conformer à l'expression ci-dessous:

$$\frac{I_{sc}}{I_{h \max}} \geq 11$$

$I_{sc}$  étant exprimée en valeur efficace et  $I_{h \max}$  en valeur crête.

L'Annexe A donne des détails supplémentaires.

Étant donné que les courants de fuite peuvent servir à interpréter les résultats, il est recommandé d'utiliser des dispositifs appropriés pour l'enregistrement de ces courants pendant les essais sous pollution artificielle.



mm/kV	$A_{rms}$
USCD < 28	$I_{sc \min} = 6$
$28 \leq \text{USCD} \leq 45$	$I_{sc \min} =  \text{USCD}/\sqrt{3}  - 10$

**Figure 1 – Courant de court-circuit minimal,  $I_{sc \min}$ , requis pour l'installation d'essai, en fonction de la ligne de fuite spécifique unifiée (USCD) de l'isolateur en essai**

NOTE L'expérience disponible n'est pas suffisante pour donner des valeurs de  $I_{sc \min}$  pour les essais avec des lignes de fuite spécifiques unifiées supérieures à 45 mm/kV.

## 5 Méthode du brouillard salin

### 5.1 Informations générales

La procédure d'essai au brouillard salin simule une pollution de type B (voir CEI 60815-1) dans laquelle une couche conductrice de liquide couvre la surface de l'isolateur. Dans la pratique, cette couche ne contient aucun matériau insoluble significatif.

Dans un essai, le degré de pollution est défini par la salinité du brouillard salin, exprimée en kg de sel (NaCl) par m<sup>3</sup> d'eau.

L'essai se déroule en deux parties – le préconditionnement (consistant à nettoyer la surface de l'isolateur soumis à essai) et l'essai de tenue. La description détaillée des deux procédures est donnée en 5.5 et en 5.6.

NOTE La méthode d'essai au brouillard salin n'est pas recommandée pour les essais de configurations d'isolateur présentant une tension de réseau supérieure (800 kV et plus). Cela s'explique essentiellement par le fait que la distance spécifiée entre l'isolateur soumis à essai et les pulvérisateurs (5.3) peut ne pas être suffisante pour des tensions d'essai supérieures; dans le cadre de la récente révision par rapport à l'extension à la gamme ultra haute tension (UHT), la distance spécifiée entre l'isolateur soumis à essai et les pulvérisateurs a été maintenue à 3 m afin d'assurer la validité des résultats d'essai par rapport à la version précédente de la présente norme.

## 5.2 Solution saline

La solution saline doit être composée de chlorure de sodium (NaCl) de pureté commerciale et de l'eau du robinet.

NOTE L'eau du robinet à forte dureté, par exemple dont la teneur en équivalent CaCO<sub>3</sub> est supérieure à 350 g/m<sup>3</sup>, peut provoquer des dépôts calcaires sur la surface de l'isolateur. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser de l'eau désionisée pour la préparation de la solution saline. La dureté de l'eau du robinet est mesurée en termes de teneur en équivalent CaCO<sub>3</sub>.

La salinité employée doit avoir l'une des valeurs suivantes: 2,5 – 3,5 – 5 – 7 – 10 – 14 – 20 – 28 – 40 – 56 – 80 – 112 – 160 et 224 kg/m<sup>3</sup>.

La tolérance maximale admise pour la salinité est de ±5 % de la valeur spécifiée

Il est recommandé de déterminer la salinité soit en mesurant la conductivité, soit en mesurant la masse volumique, et en faisant une correction de température.

Le Tableau 1 donne la correspondance entre la valeur de la salinité, la conductivité volumique et la masse volumique de la solution à une température de 20 °C.

Lorsque la température de la solution n'est pas de 20 °C, les valeurs de la conductivité et de la masse volumique doivent être corrigées.

La température de la solution saline doit être comprise entre 5 °C et 30 °C, puisqu'aucune expérience n'est disponible pour valider des essais effectués à des températures situées en dehors de cette plage de températures.

**Tableau 1 – Méthode du brouillard salin: correspondance entre la valeur de la salinité, la conductivité volumique et la densité de la solution à une température de 20 °C**

Salinité $S_a$ kg/m <sup>3</sup>	Conductivité volumique $\sigma_{20}$ S/m	Densité $\Delta_{20}$ kg/m <sup>3</sup>
2,5	0,43	–
3,5	0,60	–
5	0,83	–
7	1,15	–
10	1,6	–
14	2,2	–
20	3,0	–
28	4,1	1 018,0
40	5,6	1 025,9
56	7,6	1 037,3
80	10	1 052,7
112	13	1 074,6
160	17	1 104,5
224	20	1 140,0

La conductivité doit être corrigée à l'aide de la formule suivante:

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b (\theta - 20)]$$

où:

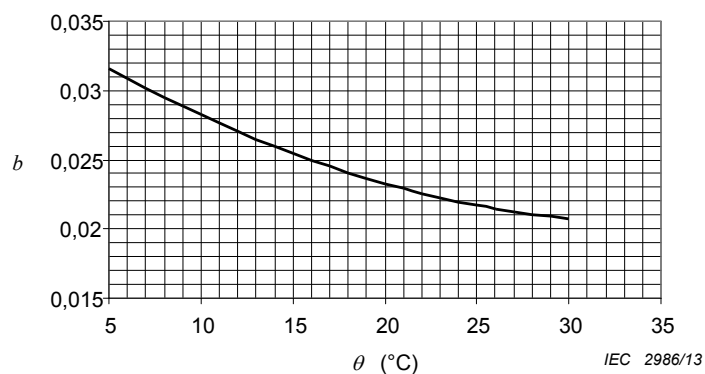
$\theta$  est la température de la solution (°C)

$\sigma_{\theta}$  est la conductivité volumique à une température de  $\theta$  °C (S/m)

$\sigma_{20}$  est la conductivité volumique à une température de 20 °C (S/m)

$b$  est le facteur dépendant de la température de la solution  $\theta$ , obtenu à l'aide de l'équation suivante et représenté à la Figure 2:

$$b = 3,200 \times 10^{-8}\theta^3 + 1,032 \times 10^{-5}\theta^2 - 8,272 \times 10^{-4}\theta + 3,544 \times 10^{-2}$$



**Figure 2 – Valeur du facteur  $b$  en fonction de la température de la solution**

La correction de la masse volumique doit être effectuée à l'aide de la formule suivante:

$$\Delta_{20} = \Delta_{\theta} [1 + (200 + 1,3 S_a) (\theta - 20) \times 10^{-6}]$$

où:

$\theta$  est la température de la solution (°C)

$\Delta_{\theta}$  est la masse volumique à une température de  $\theta$  °C (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta_{20}$  est la masse volumique à une température de 20 °C (kg/m<sup>3</sup>)

$S_a$  est la salinité (kg/m<sup>3</sup>)

Cette formule de correction n'est valable que pour des salinités supérieures à 20 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.3 Système de pulvérisation

Le brouillard est produit dans l'enceinte d'essai à l'aide du nombre spécifié de pulvérisateurs qui atomisent la solution grâce à un courant d'air comprimé qui souffle perpendiculairement au pulvérisateur de solution. Les pulvérisateurs sont constitués de tubes résistants à la corrosion, le diamètre intérieur de l'pulvérisateur d'air étant de 1,2 mm ± 0,02 mm et le diamètre intérieur du pulvérisateur de solution étant de 2,0 mm ± 0,02 mm. Les deux pulvérisateurs doivent avoir un diamètre extérieur de 3,0 mm ± 0,05 mm et les extrémités des pulvérisateurs doivent être coupées perpendiculairement à l'axe et bien polies.

L'extrémité du pulvérisateur de solution doit être située sur l'axe de l'pulvérisateur d'air avec une tolérance de ±0,05 mm. La distance entre l'extrémité du pulvérisateur d'air comprimé et la ligne centrale du pulvérisateur de solution doit être de 3,0 mm ± 0,05 mm. Les axes des deux pulvérisateurs doivent se situer sur le même plan avec une tolérance de ±0,05 mm.

La Figure 3 montre une construction type de pulvérisateur de brouillard.

Les pulvérisateurs doivent être disposés sur deux colonnes parallèles et de chaque côté de l'isolateur dont l'axe doit être sur le même plan que les colonnes, c'est-à-dire un isolateur vertical et un isolateur horizontal sont respectivement soumis à l'essai avec des colonnes verticales et des colonnes horizontales. Dans le cas d'un isolateur incliné (voir Figure 4) le plan contenant l'isolateur et les colonnes doit couper le plan horizontal suivant une ligne, perpendiculairement à l'axe de l'isolateur; dans ce cas, l'axe des pulvérisateurs de solution est vertical. La distance entre les pulvérisateurs de solution et l'axe de l'isolateur doit être de 3,0 m ± 0,05 m.

Les pulvérisateurs doivent être espacés par des intervalles de 0,6 m, chaque pulvérisateur envoie son jet perpendiculairement à l'axe de la colonne vers le pulvérisateur correspondant de l'autre colonne et dans un angle de 1° par rapport au plan formé par les pulvérisateurs. Cet alignement peut être vérifié pour des pulvérisateurs verticaux en abaissant l'pulvérisateur de solution, en injectant de l'eau par le pulvérisateur d'air et en l'orientant vers le pulvérisateur opposé; puis en relevant le pulvérisateur de solution jusqu'à la position de fonctionnement. Le point milieu de l'isolateur doit de préférence être en ligne avec les points milieu des colonnes de pulvérisateurs. Les deux colonnes doivent se prolonger d'au moins 0,6 m au-delà de chaque extrémité de l'isolateur.

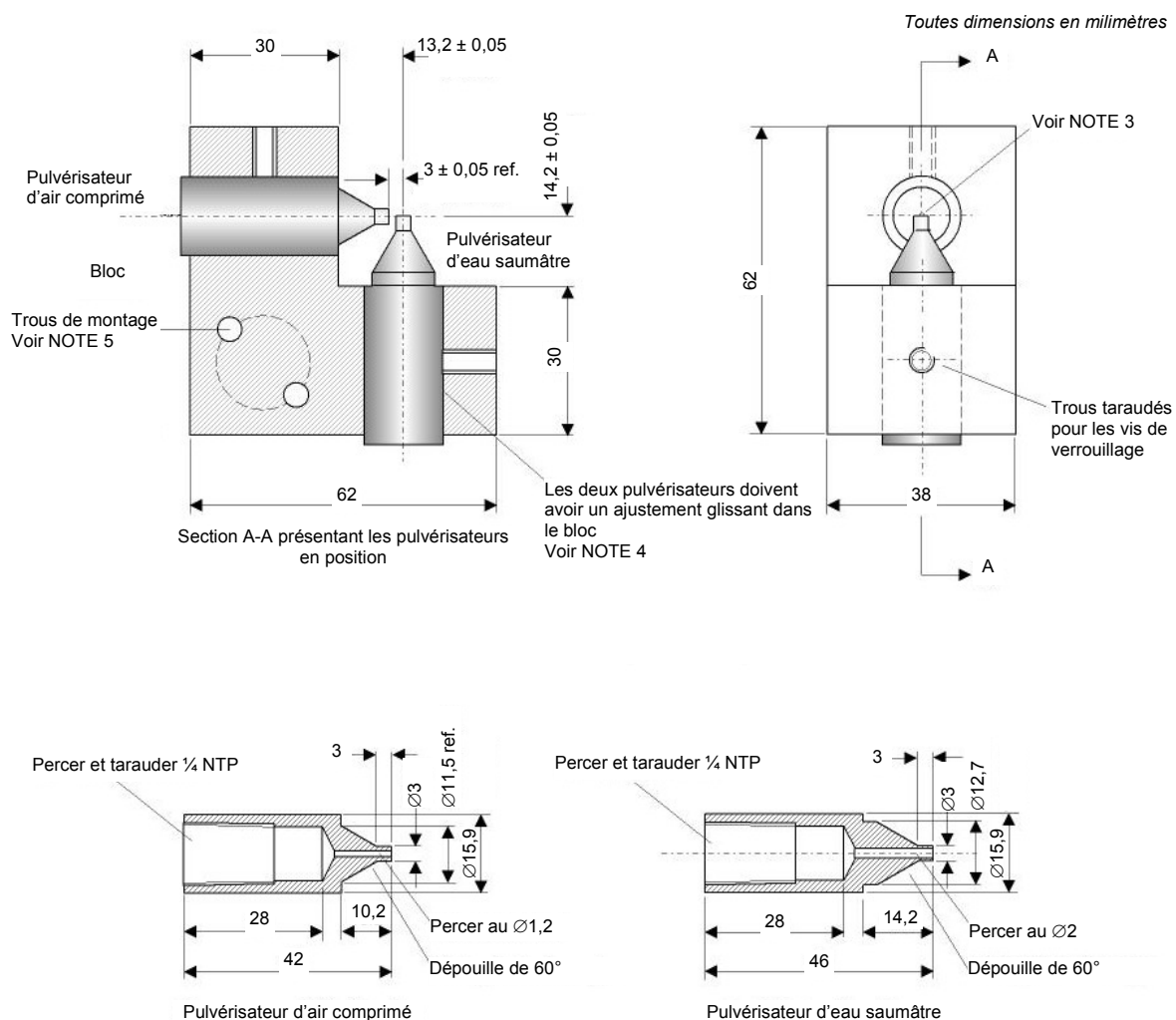
Le nombre minimal  $N$  de pulvérisateurs par colonne doit être, pour une longueur  $H$ , en mètres, de l'isolateur:

$$N = \frac{H}{0,6} + 3$$

Les pulvérisateurs doivent être alimentés avec un air filtré ne contenant pas d'huile, sous une pression relative de 700 kPa ± 35 kPa.



Le débit de la solution alimentant chaque jet doit être de  $0,5 \text{ dm}^3/\text{min} \pm 0,05 \text{ dm}^3/\text{min}$  pendant la durée de l'essai, et la tolérance sur le débit global alimentant l'ensemble des jets doit être de  $\pm 5 \%$  de la valeur nominale.



IEC 2987/13

## NOTES

- 1 Tolérance d'usinage générale  $\pm 0,1 \text{ mm}$ , sauf indication contraire
- 2 Concentricité des pulvérisateurs dans les  $0,1 \text{ mm}$
- 3 Face extérieure des deux pulvérisateurs à rectifier et polir
- 4 Il est recommandé de finir les trous du bloc avec une fraise apprêtée
- 5 Supprimer les arêtes vives, sauf en ce qui concerne la NOTE 3 ci-dessus
- 6 Il convient que les trous de montage soient traversants afin de permettre de positionner l'unité de l'un ou l'autre côté
- 7 Il convient d'assembler l'unité avec les épaulements des pulvérisateurs à fleur des faces internes comme présenté ci-dessus. Le cas échéant, le positionnement des pulvérisateurs peut être ajusté afin d'optimiser les propriétés de pulvérisation

## Exigences matérielles

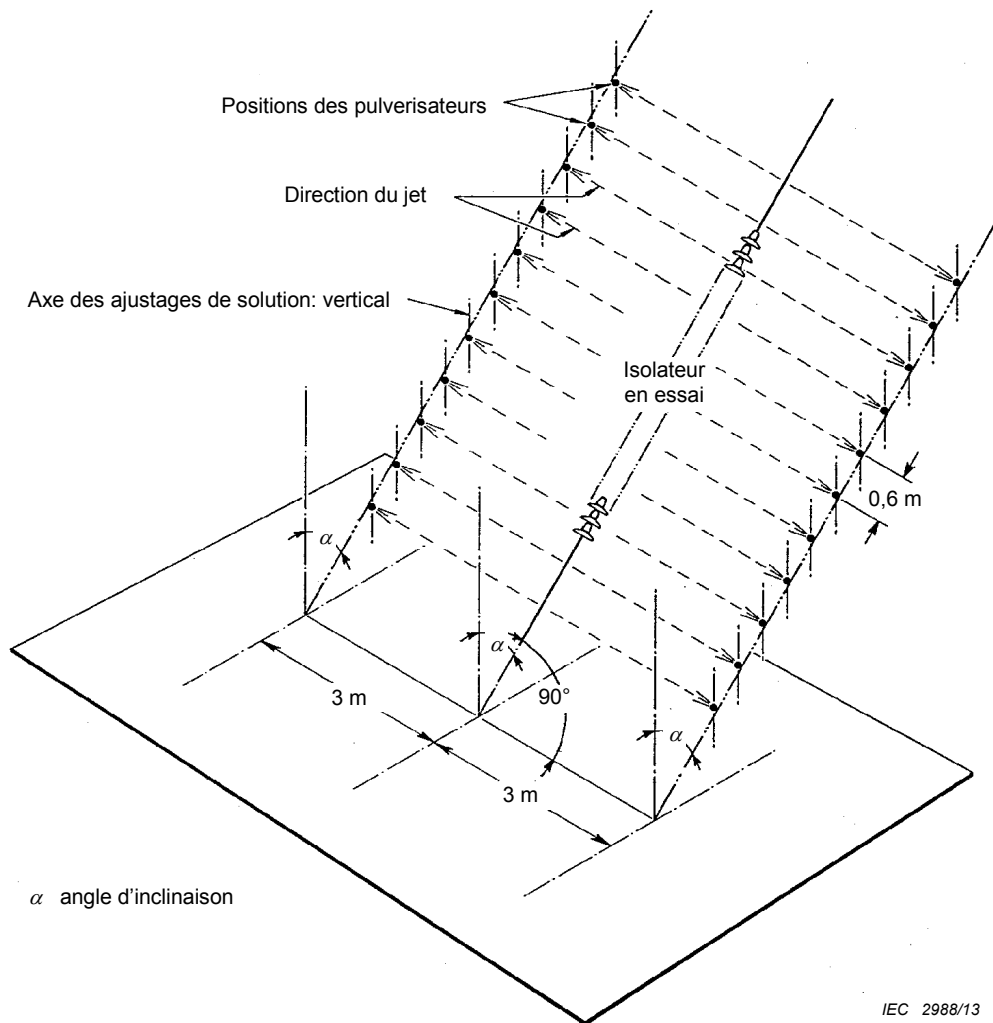
2 raccords cannelés en acier inoxydable avec raccord cannelé. Numéro Swagelok SS-4-HC-1-4  
2 vis de serrage en acier inoxydable (selon besoin)  
Tuyau en caoutchouc, selon besoin, avec collier de serrage

## Exigence des matériaux

Pulvérisateurs d'eau salée: Acier inoxydable Type 303  
Pulvérisateur d'air comprimé : Acier inoxydable Type 303  
Bloc : plastique non absorbant\*

\*Le POM (polyoxyméthylène) est recommandé pour faciliter l'usinage et la stabilité dimensionnelle

**Figure 3 – Construction type d'un pulvérisateur de brouillard**



**Figure 4 – Disposition d'essai pour isolateurs inclinés**

#### 5.4 Conditions avant de commencer l'essai

L'essai doit commencer lorsque l'isolateur, nettoyé selon 4.3.2, est encore complètement mouillé.

Au début de l'essai, l'isolateur doit être en équilibre thermique avec l'air contenu dans l'enceinte d'essai. De plus, la température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C, ni supérieure à 40 °C, et sa différence avec la température de la solution aqueuse ne doit pas excéder 15 K.

L'isolateur est mis sous tension, la pompe de la solution saline et le compresseur d'air sont mis en marche et l'essai est estimé à avoir commencé dès que l'air comprimé a atteint la pression de fonctionnement normale à la sortie des pulvérisateurs.

#### 5.5 Préconditionnement

L'isolateur, préparé de façon normale, est soumis à la tension d'essai à la salinité de référence pendant 20 minutes, ou jusqu'à ce qu'il se produise un contournement de l'isolateur; s'il n'y a pas de contournement de l'isolateur, la tension est augmentée par paliers de 10 % de la tension d'essai toutes les cinq minutes, jusqu'au contournement.

Après contournement, la tension est de nouveau appliquée et augmentée aussi rapidement que possible jusqu'à 90 % de la tension de contournement précédemment obtenue. Puis, la tension est augmentée toutes les 5 min, par paliers de 5 % de la tension de contournement initiale, jusqu'au contournement. Ce dernier processus est répété à nouveau six fois. À chaque fois, la tension est rapidement augmentée jusqu'à 90 % de la tension de contournement précédemment obtenue, puis par paliers de 5 % toutes les 5 minutes jusqu'au contournement. Après les huit contournements, le brouillard doit être dissipé et l'isolateur doit être nettoyé à l'eau du robinet et ainsi, l'essai de tenue (voir 5.6) doit commencer aussi tôt que possible.

Les caractéristiques de la source de tension dans le préconditionnement ne doivent pas être inférieures à celles qui sont utilisées comme références pour l'essai de tenue (voir 4.4).

Si le préconditionnement réalisé à la salinité de référence nécessite des tensions excessivement élevées, il est permis d'utiliser des valeurs plus élevées de salinité pour le préconditionnement. Si la tension requise reste, malgré cela, trop élevée, des sections plus courtes de l'isolateur peuvent être préconditionnées séparément, en utilisant des moyens appropriés pour éviter, le cas échéant, de trop contraindre l'isolation interne (par exemple dans le cas de parafoudres ou de traversées).

## 5.6 Essai de tenue

Cet essai a pour objet de confirmer la salinité de tenue spécifiée de l'isolateur à la tension d'essai spécifiée.

L'essai doit commencer quand les conditions relatives à l'isolateur en essai et à l'enceinte d'essai satisfont aux exigences données en 5.4 et après le préconditionnement de l'isolateur conformément à 5.5.

Une série d'essais est appliquée à l'isolateur à la tension d'essai spécifiée, en utilisant une solution saline dont la salinité d'essai spécifiée est conforme à 5.2. La durée de chaque essai doit être de 1 h, si aucun contournement ne se produit à l'issue de ce laps de temps. L'isolateur doit être soigneusement lavé à l'eau du robinet avant chaque essai ultérieur.

## 5.7 Critère d'acceptation de l'essai de tenue

L'isolateur satisfait à cette spécification si aucun contournement ne se produit pendant une série de trois essais consécutifs, conformément à la procédure en 5.6. Si un seul contournement a lieu, un quatrième essai doit être effectué et l'isolateur réussit alors l'essai si aucun contournement ne se produit.

NOTE À des fins de recherche, les caractéristiques de tenue d'un isolateur peuvent être déterminées. Des procédés d'évaluation ou de vérification de ces caractéristiques sont donnés à l'Annexe B.

# 6 Méthodes de la couche solide

## 6.1 Informations générales

La procédure d'essai de la couche solide simule une pollution de type A (voir CEI 60815-1) où une couche solide contenant des sels et des matériaux inertes se forme sur la surface de l'isolateur. Si cette couche est humide, elle devient conductrice.

Selon la technique d'humidification de la couche solide, il existe deux procédures pour la méthode d'essai de la couche solide.

**Procédure A (pas couramment utilisée) – humidification avant et pendant la mise sous tension** qui, entre autres, simule les conditions de pollution en situation de "démarrage à froid" (mise sous tension d'une ligne ou d'une station avec des isolateurs contaminés dont la surface est totalement humide).

Dans le cadre d'un essai, le degré de pollution est défini en termes de conductivité de la couche ( $\mu\text{S}$ ).

Le processus d'humidification est réalisé conformément aux deux phases suivantes:

- humidification de la couche sèche jusqu'à obtention de la conductivité maximale (valeur de sévérité pour l'essai individuel) entre 20 minutes et 40 minutes sans appliquer la tension d'essai
- poursuite de l'humidification après application immédiate de la tension d'essai constante pendant 15 minutes au maximum.

**Procédure B (couramment utilisée) – humidification après mise sous tension**, où la tension d'essai est appliquée à un isolateur sec avant qu'une humidification ne se produise. Il s'agit de simuler la situation la plus fréquente pour les sites présentant une contamination de la couche solide comme cela peut être le cas en milieu rural, industriel ou désertique.

Dans le cadre d'un essai, le degré de pollution est défini par la densité du dépôt de sel (DDS), exprimée en mg de sel ( $\text{NaCl}$ ) par  $\text{cm}^2$  de la surface spécifiée de l'éprouvette.

Pour cette procédure, le processus d'humidification est commencé après l'application de la tension d'essai constante à l'isolateur avec la couche sèche, et dure avec un débit de vapeur constant jusqu'à la fin de l'essai individuel.

NOTE L'expérience montre qu'avec des essais de pollution de la couche solide, cette procédure est recommandée pour les essais des isolateurs pour une tension de réseau la plus élevée d'au moins 800 kV. Des informations supplémentaires sont données à l'Annexe E.

## 6.2 Principales caractéristiques des matériaux inertes

Kieselguhr, Kaolin ou Tonoko peuvent faire office de matériaux inertes

Le Tableau 2 donne les plages de valeurs des principales caractéristiques des types de Kieselguhr, de Kaolin et de Tonoko qui sont utilisées dans les suspensions.

Des matériaux inertes ayant d'autres noms, mais dont il s'avère que les caractéristiques correspondent aux mêmes plages que l'un des types susmentionnés, peuvent être utilisés à la place de ce type.

**Tableau 2 – Caractéristiques principales des matériaux inertes utilisés pour les suspensions de couche solide**

Type de matériau inerte	Composition en poids %				Granulométrie (distribution cumulée) $\mu\text{m}$			Conductivité volumique $\sigma_{20}$ S/m
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	16 %	50 %	85 %	
Kieselguhr	70 à 90	5 à 25	0,5 à 6	7 à 14	1 à 10	10 à 20	20 à 50	0,0015 à 0,02
Kaolin	40 à 50	30 à 40	0,3 à 2	7 à 14	0,5 à 2	2 à 8	8 à 25	0,0015 à 0,02
Tonoko	60 à 70	10 à 20	4 à 8	–	1 à 3	5 à 10	15 à 30	0,002 à 0,01

NOTE 1 La distribution granulométrique donne les valeurs des diamètres de trous d'un tamis en  $\mu\text{m}$  à travers lesquels passe l'un des pourcentages indiqués de la masse totale des particules. Les valeurs dans le Tableau 2 ont été déterminées par mesure à l'aide de la technique de dispersion de la lumière laser. D'autres méthodes peuvent donner des valeurs quelque peu différentes.

NOTE 2 La conductivité volumique qui caractérise le matériau inerte est déterminée en utilisant de l'eau déminéralisée.

### 6.3 Composition de la suspension contaminante

#### 6.3.1 Généralités

Une suspension doit être préparée en utilisant l'une des deux compositions suivantes:

#### 6.3.2 Composition Kieselguhr

Elle est constituée de:

- 100 g de Kieselguhr (terre d'infusoires, diatomées), voir 6.2;
- 10 g de bioxyde de silicium très dispersé, dimension des particules 2 nm à 20 nm;
- 1 000 g d'eau du robinet;
- quantité adéquate de NaCl de pureté commerciale.

Si la conductivité volumique de l'eau du robinet est supérieure à 0,1 S/m, il est recommandé d'utiliser de l'eau déminéralisée.

Pour obtenir le degré de pollution de référence sur l'isolateur soumis à l'essai, avec la tolérance requise de  $\pm 15\%$ , une valeur adéquate de la conductivité volumique de la suspension préparée doit être déterminée en soumettant l'isolateur lui-même (ou une partie de celui-ci) à des essais préliminaires de contamination. La conductivité volumique souhaitée est atteinte en ajustant la quantité de sel dans la suspension. En tant que guide approximatif au démarrage des essais, le Tableau 3 donne une correspondance approximative entre le degré de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C.

**Tableau 3 – Composition Kieselguhr: correspondance approximative entre les degrés de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C**

Degrés de pollution de référence pour la composition Kieselguhr		Conductivité volumique de la suspension
Densité du dépôt de sel	Conductivité de la couche	
<i>DDS</i> mg/cm <sup>2</sup>	<i>K</i> <sub>20</sub> μS	$\sigma_{20}$ S/m
0,017 6	7	0,21
0,025	10	0,30
0,035 3	14	0,42
0,005	20	0,60
0,070 5	28	0,85
0,1	40	1,20
0,141	56	1,69
0,20	80	2,40

#### 6.3.3 Composition Kaolin (ou Tonoko)

Elle est constituée de:

- 40 g de Kaolin (ou de Tonoko), voir 6.2;
- 1 000 g d'eau du robinet;
- quantité adéquate de NaCl de pureté commerciale.

NOTE Le Kaolin est le matériau préférentiel qui est le plus utilisé. Toutefois, pour des essais à courant alternatif, Tonoko est permis, mais les résultats d'essais ne sont pas directement comparables et les différentes concentrations de boue peuvent être nécessaires pour atteindre la plage DDNS requise.

Lorsque la conductivité volumique de l'eau du robinet est supérieure à 0,1 S/m, il est recommandé d'utiliser de l'eau déminéralisée.

Pour réaliser le degré de pollution de référence sur l'isolateur soumis à l'essai, avec la tolérance requise de  $\pm 15\%$ , une valeur adéquate de conductivité volumique de la suspension préparée doit être déterminée en soumettant l'isolateur lui-même (ou une partie de celui-ci) à des essais préliminaires de contamination. La conductivité volumique souhaitée est atteinte en ajustant la quantité de sel dans la suspension.

En tant que guide approximatif au démarrage des essais, le Tableau 4 donne une correspondance approximative entre le degré de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C, dans le cas d'isolateurs normalisés du type capot-tige pollués en position verticale et dans des conditions ambiantes normales. La conductivité volumique requise pour les autres isolateurs peut différer des valeurs données au Tableau 4.

**Tableau 4 – Composition Kaolin (ou Tonoko): correspondance approximative entre les degrés de pollution de référence sur l'isolateur et la conductivité volumique de la suspension à une température de 20 °C**

Degrés de pollution de référence pour une composition Kaolin (ou Tonoko)		Conductivité volumique de la suspension $\sigma_{20}$ S/m
Densité du dépôt de sel <i>DDS</i> mg/cm <sup>2</sup>	Conductivité de la couche <i>K</i> <sub>20</sub> μS	
0,012	-	0,5
0,018	-	0,7
0,025	3	1
0,035	4,2	1,4
0,05	5,5	2
0,07	8	2,8
0,1	11	4
0,14	14,5	5,6
0,2	20	8
0,28	27	11,2
0,4	37	16

NOTE Le Kaolin est le matériau préférentiel qui est le plus utilisé. Toutefois, pour des essais à courant alternatif, Tonoko est permis puisque l'expérience de laboratoire a montré que les résultats d'essais avec ces deux matériaux sont proches.

#### 6.4 Application de la couche de pollution

La suspension préparée à l'aide de l'une des compositions décrites en 6.3 doit être appliquée par pulvérisation ou trempage sur l'isolateur sec, nettoyé au préalable conformément à 4.2.2, afin d'obtenir une couche suffisamment uniforme. Autrement, l'isolateur peut être immergé dans la suspension, à condition que ses dimensions le permettent.

NOTE 1 Il est suggéré d'utiliser une sonde (voir Annexe C) pour contrôler l'uniformité de la couche humide si celle-ci ne paraît pas satisfaisante lors de l'examen visuel.

NOTE 2 La couche artificielle peut être appliquée sur la surface de l'isolateur par pulvérisation de la suspension préparée, à l'aide d'un ou deux pistolets pulvérisateurs de type commercial. L'orientation des pulvérisateurs doit être réglée pour assurer une couche relativement uniforme sur l'ensemble de la surface de l'isolateur. Une

distance d'environ 20 cm à 40 cm entre la sortie du pulvérisateur et le bord de l'ailette de l'isolateur convient. Il est conseillé d'agiter constamment la suspension.

Le degré de pollution requis sur l'isolateur peut être obtenu grâce à des applications répétées.

NOTE 3 Le temps d'application peut être réduit en préchauffant l'isolateur. Dans ce cas, il convient que l'isolateur entier soit en équilibre thermique avec l'air de l'enceinte d'essai au début de l'essai. Le temps d'application peut également être réduit en séchant la couche entre deux applications successives.

D'autres techniques sont appropriées et peuvent également être utilisées. Par exemple, la pratique d'inondation de la suspension préparée sur la surface de l'isolateur jusqu'à ce qu'elle ruisselle (technique du trempage ("flow-on")) est en particulier appropriée pour les isolateurs de grande taille et longs lorsque des compositions à base de Kaolin ou de Tonoko sont utilisées.

NOTE 4 Le préconditionnement tel que spécifié pour l'essai au brouillard salin n'est pas nécessaire avec les méthodes de la couche solide. Des détails complémentaires sont donnés à l'Article D.1.

Avant de soumettre l'isolateur à l'essai, la couche de pollution doit être laissée à sécher. Des informations complémentaires sont données à l'Article D.2.

## 6.5 Détermination du degré de pollution de l'isolateur soumis à l'essai

### 6.5.1 Généralités

Le degré de pollution de l'isolateur soumis à l'essai, exprimé en termes de conductivité de la couche ou en densité du dépôt de sel, est déterminé comme suit.

### 6.5.2 Conductivité de la couche ( $K$ )

Comme déjà mentionné, la conductivité de la couche est calculée en multipliant la conductance de la couche mesurée sur l'isolateur hors tension par son facteur de forme ( $F_f$ ).

La mesure de conductance de la couche est répétée sur l'isolateur pendant son humidification dans le but de déterminer la valeur maximale atteinte.

Chaque mesure de conductance de la couche consiste à appliquer à l'isolateur une tension d'au moins 700 V efficace par mètre de ligne de fuite globale, et à mesurer le courant circulant dans la couche humide. Il faut que la tension soit uniquement appliquée pendant le temps nécessaire à la lecture de la mesure.

Lorsque des valeurs plus élevées de tensions sont utilisées, la durée de la mesure doit être suffisamment courte pour éviter d'importantes erreurs dues au réchauffement ou à la dessiccation de la couche de pollution. À cet effet, il doit être vérifié que ni des impulsions ni des variations d'amplitude n'affectent la forme du courant mesuré.

La conductivité de la couche doit être rapportée à une température de référence de 20 °C en utilisant la formule suivante:

$$K_{20} = K_{\theta_{IS}} [1 - b (\theta_{IS} - 20)]$$

où:

$\theta_{IS}$  est la température de la surface de l'isolateur (°C)

$K_{\theta_{IS}}$  est la conductivité de la couche à une température de  $\theta_{IS}$  °C ( $\mu\text{S}$ )

$K_{20}$  est la conductivité de la couche à une température de 20°C ( $\mu\text{S}$ )

$b$  est le facteur déjà défini en 5.2.

### 6.5.3 Densité du dépôt de sel ( $DDS$ )

Le dépôt est retiré et soigneusement recueilli de la surface d'un isolateur séparé (ou d'une de ses parties) identique à l'isolateur en essai et contaminé de la même manière. Dans ce but, toute la surface de cet isolateur est nettoyée ou bien la partie supérieure et la partie

inférieure séparément, sauf les parties métalliques. Des informations complémentaires sont données à l'Article D.8.

Dans le cas où un seul isolateur cylindrique est disponible pour l'essai, la mesure de la densité du dépôt de sel est effectuée sur quelques-unes de ses ailettes. Par la suite, la surface nettoyée doit être de nouveau polluée par application d'une nouvelle couche de pollution.

Après l'opération de contamination sur l'isolateur (ou sur l'une de ses parties) choisi pour la mesure de *DDS* les gouttes doivent être ôtées soigneusement avant le séchage de la couche. De cette façon, les erreurs d'évaluation du degré de pollution réellement efficace dans l'essai peuvent être évitées.

Le dépôt est ensuite dissout dans une quantité déterminée d'eau, de préférence déminéralisée. La suspension obtenue est gardée agitée pendant au moins 2 min avant la mesure de sa conductivité volumique  $\sigma_\theta$  (S/m) à la température de la solution  $\theta$  (°C). La valeur  $\sigma_{20}$  est alors obtenue à partir de  $\sigma_\theta$  par la même relation que celle donnée en 5.2.

La salinité  $S_a$  (kg/m<sup>3</sup>) de la suspension est déterminée, lorsque  $\sigma_{20}$  se trouve dans l'intervalle 0,004 S/m à 0,4 S/m, à l'aide de la formule suivante:

$$S_a = (5,7 \sigma_{20})^{1,03}$$

La densité du dépôt de sel *DDS* (mg/cm<sup>2</sup>) est alors obtenue par le biais de la formule suivante:

$$DDS = \frac{S_a \times V}{A}$$

où:

$V$  est le volume de la suspension (cm<sup>3</sup>)

$A$  est l'aire de la surface nettoyée (cm<sup>2</sup>)

## 6.6 Exigences générales relatives à l'humidification de la couche de pollution

L'objet en essai doit être humidifié par des générateurs de brouillard offrant une distribution uniforme de brouillard tout au long et tout autour de l'objet en essai. La température de l'objet en essai au début de l'humidification ne doit pas dépasser de  $\pm 2$  K la température ambiante de l'enceinte d'essai. Une tente en plastique peut être utilisée autour de l'objet afin de limiter le volume de l'enceinte d'essai.

NOTE Si une tente en plastique est utilisée, il peut être utile de s'assurer de l'efficacité de l'humidification par un isolateur témoin (voir D.4).

La production de brouillard dans l'enceinte d'essai doit être maintenue jusqu'à la fin de chaque essai individuel à un débit constant.

À un certain degré d'humidification de la couche de pollution, l'humidité commence à couler à partir des bords des ailettes de l'isolateur; une certaine quantité de polluant est ainsi enlevée de la couche, et un lavage progressif de l'objet en essai peut être prévu.

## 6.7 Procédures d'essai

### 6.7.1 Généralités

Deux procédures alternatives sont proposées, qui diffèrent fondamentalement par l'état de la couche, humide ou sèche, de l'objet en essai au moment où la tension d'essai lui est appliquée.



Les principales règles concernant les deux procédures d'essai sont données ci-dessous.

### **6.7.2 Procédure A – Humidification avant et pendant la mise sous tension**

Pour cette procédure, l'isolateur est contaminé en utilisant soit une composition à base de Kieselguhr (voir 6.3.1) ou de Kaolin (ou de Tonoko) (voir 6.3.3). Le degré de pollution est généralement exprimé en termes de conductivité de la couche, mais la densité du dépôt de sel peut également être utilisée.

L'isolateur est préparé pour l'essai, conformément à 6.4, et placé en position d'essai dans l'enceinte d'essai quand la production de brouillard commence.

Il convient d'utiliser de préférence un brouillard à base de vapeur pour humidifier la couche.

La Figure 5 montre à titre d'exemple un générateur de brouillard à base de vapeur, constitué d'un tuyau distributeur comprenant des pulvérisateurs régulièrement espacés.

NOTE Au lieu du brouillard à base de vapeur, il est permis d'utiliser un brouillard généré par des pulvérisateurs vaporisant de l'eau chaude ou froide (voir le dispositif de la Figure 2, à titre d'exemple), sous réserve que ce brouillard procure l'humidification uniforme souhaitée.

Lorsque cette variante est utilisée avant le début de l'essai, il peut être judicieux de refroidir l'objet en essai.

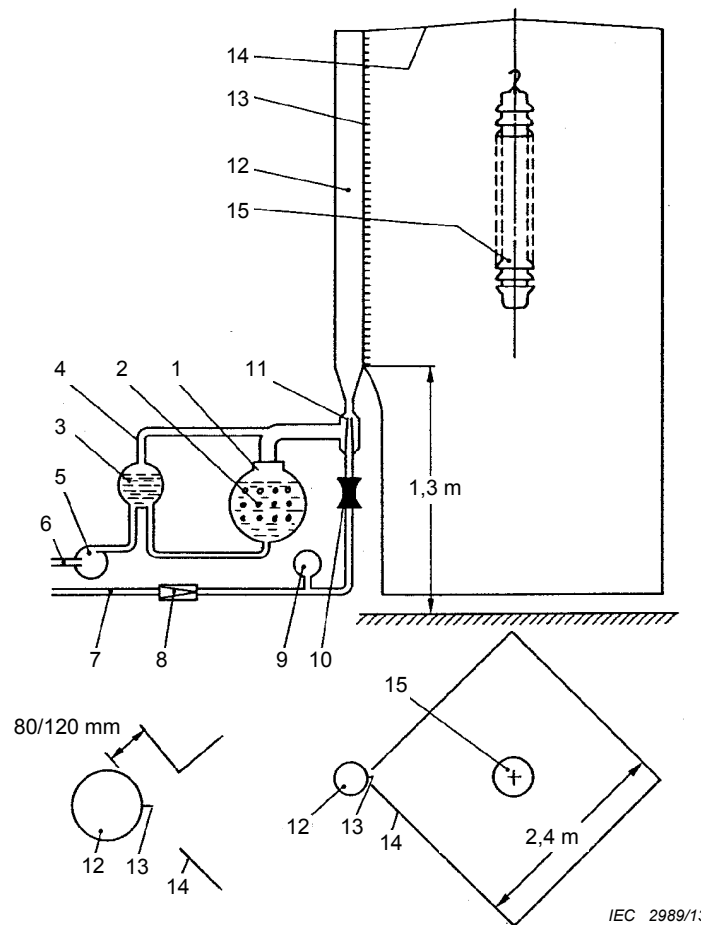
Dans le but de l'évaluation de la conductivité de la couche, des mesures de la conductance de la couche sont effectuées sur l'isolateur en essai conformément à 6.5.2.

Le débit de l'entrée du brouillard dans l'enceinte d'essai, à température ambiante, doit être suffisamment élevé pour s'assurer que la conductivité de la couche atteint sa valeur maximale entre 20 minutes et 40 minutes à partir du début de la production du brouillard. La valeur maximale de la conductivité de la couche mesurée en essai représente la conductivité de référence de la couche.

La tension d'essai est alors appliquée instantanément ou pendant une durée ne dépassant pas 5 s et est maintenue jusqu'au contournement ou pendant 15 minutes si aucun contournement ne se produit.

L'isolateur est ensuite retiré de l'enceinte de brouillard et laissé sécher. Il est placé une deuxième fois dans l'enceinte et humidifié de nouveau par le brouillard jusqu'à ce que la conductivité de la couche atteigne sa valeur maximale; si celle-ci n'est pas inférieure à 90 % de la valeur de référence susmentionnée, la tension d'essai est de nouveau appliquée et maintenue jusqu'au contournement ou pendant 15 minutes si aucun contournement ne se produit; si elle est inférieure à 90 %, la couche de pollution doit être de nouveau appliquée sur l'isolateur conformément à 6.4.

Pas plus de deux essais consécutifs ne doivent être réalisés sur un isolateur avec la même couche de pollution.



- 1 = chaudière à basse pression de capacité d'environ 20 l
- 2 = réchauffeur électrique: 12 serpentins de chauffage, chacun de 3 kW
- 3 = vanne régulatrice d'alimentation d'eau
- 4 = conduite égalisatrice de pression
- 5 = pompe d'alimentation de la chaudière: 50 l/h, 1 bar
- 6 = alimentation en eau adoucie
- 7 = alimentation en air comprimé
- 8 = vanne ajustable de pression de l'air comprimé
- 9 = manomètre: 0 à 5 bars
- 10 = vanne d'air comprimé, commande électrique à distance
- 11 = pulvérisateur d'injecteur: diamètre 7,5/16 mm
- 12 = tuyau à pulvérisateurs multiples. Trois tuyaux à pulvérisateur, de 1,5 m de longueur chacun, et un tuyau intermédiaire sans pulvérisateurs pour les installations élevées. Hauteur totale, hors tout, à partir du sol: 11 m; diamètre intérieur du tuyau inférieur: 120 mm; diamètre interne des tuyaux réduit par pas à 50 mm pour le tuyau supérieur
- 13 = pulvérisateur, diamètre interne: 1,6 mm; distance entre les pulvérisateurs adjacents: 30 mm
- 14 = tente en plastique
- 15 = objet d'essai

**Figure 5 – Disposition type d'un générateur de brouillard à base de vapeur**

### 6.7.3 Procédure B – Humidification après mise sous tension

Dans cette procédure, l'isolateur est contaminé en utilisant la composition à base de Kaolin (ou Tonoko) (voir 6.3.3). Le degré de pollution est généralement exprimé en termes de densité du dépôt de sel (voir 6.5.3).

NOTE Les mesures de la conductance de la couche ne sont généralement pas exigées. Après accord entre le fabricant et l'utilisateur, elles peuvent être effectuées pendant l'humidification sur un isolateur séparé, hors tension, identique à l'isolateur en essai (ou à l'une de ses parties) et contaminé de la même manière.

L'isolateur est préparé pour l'essai conformément à 6.4 et placé dans l'enceinte en position d'essai, la couche de pollution étant encore sèche.

Un brouillard à base de vapeur doit être utilisé pour humidifier la couche de pollution.

Les générateurs de brouillard doivent être placés sous l'objet d'essai, aussi près que possible du niveau du sol. Dans tous les cas, ils doivent se trouver à au moins 1 m de l'objet d'essai et leur flux ne doit pas être dirigé vers celui-ci.

Pour les objets d'essai très volumineux, il peut être difficile d'obtenir une humidification uniforme de la couche. Dans ces cas, la procédure décrite à D.5 peut être utilisée pour vérifier l'uniformité du brouillard.

Le débit de vapeur dans l'enceinte doit être nul jusqu'à l'application de la tension d'essai, puis maintenu constant à partir de ce moment-là. À température ambiante normale, le débit de vapeur nominal est de  $0,05 \text{ kg/h} \pm 0,01 \text{ kg/h}$  par mètre cube du volume de l'enceinte d'essai. Dans certains cas de très basse ou très haute température extérieure, surtout avec une enceinte d'essai à faible isolement thermique, de grande altitude ou en présence de turbulences dans l'enceinte, une vérification directe de l'action d'humidification du brouillard peut être requise telle que décrite à l'Article D.4, et selon les résultats de la vérification, le débit de vapeur nécessaire peut être différent.

La tension d'essai est maintenue jusqu'au contournement. Sinon, elle est maintenue pendant 100 minutes depuis le début de l'essai ou tant que les valeurs de crête du courant, si elles sont mesurées, n'ont pas diminué d'une manière stable jusqu'à une valeur inférieure à 70 % de la valeur maximale enregistrée. Des détails complémentaires sont donnés à l'Article D.6 et à l'Article D.7.

Pour cette procédure, la couche de pollution n'est utilisée qu'une seule fois.

### **6.8 Essai de tenue et critère d'acceptation (commun aux deux procédures A et B)**

L'objet de cet essai est de confirmer le degré de pollution spécifié tenu à la tension d'essai spécifiée. L'isolateur satisfait à cette spécification si aucun contournement ne se produit au cours de trois essais consécutifs exécutés selon 6.7.2 pour la procédure A ou selon 6.7.3 pour la procédure B.

Si un seul contournement a lieu, un quatrième essai doit être effectué et l'isolateur réussit alors l'essai si aucun contournement ne se produit.

NOTE À des fins de recherche, les caractéristiques de tenue d'un isolateur peuvent être déterminées. Des procédés d'évaluation ou de vérification de ces caractéristiques sont donnés à l'Annexe B.

**Annexe A**  
(informative)

**Informations supplémentaires d'évaluation de l'exigence relative à l'installation d'essai**

De nombreux laboratoires ont fourni des mesures relatives aux amplitudes maximales des pulsations du courant de fuite  $I_h$  ayant lieu sur des isolateurs pollués pendant toute la durée de chacun des essais individuels de tenue dans les conditions de tenue (voir Annexe B); ces mesures ont été examinées. Le Tableau A.1 ci-dessous donne, pour les différents niveaux de la contrainte de surface électrique exprimée en termes de ligne de fuite spécifique unifiée (voir CEI 60815-2) et pour les conditions spécifiées de l'installation d'essai (4.4), les valeurs maximales de  $I_h$  ( $I_{h \max}$ ) enregistrées sur chaque type d'isolateur, quelle que soit la position d'essai.

**Tableau A.1 – Valeurs prévues de  $I_{h \max}$  en fonction de différentes valeurs USCD**

Ligne de fuite spécifique unifiée mm/kV	$I_{h \max}$ $A_{\text{crête}}$
27,8 (= $16 \times \sqrt{3}$ )	0,55
34,7 (= $20 \times \sqrt{3}$ )	0,85
43,3 (= $25 \times \sqrt{3}$ )	1,35

NOTE Ces valeurs de  $I_{h \max}$  peuvent être dépassées lorsqu'un isolateur est soumis à essai dans des conditions plus critiques que celles mentionnées ci-dessus, par exemple lorsque la probabilité de contournement est plus élevée que celle qui correspond à l'essai de tenue dans les conditions de tenue.

Si le rapport  $\frac{I_{sc}}{I_{h \max}}$  est pris en compte,  $I_{sc}$  étant défini en 4.4.2, sa valeur limite, au-dessus de laquelle les résultats d'essai (la tenue en tension ou le degré de pollution tenu, par exemple, voir Annexe B) ne sont plus influencés par le rapport lui-même, peut être déterminée. En se basant sur des essais de laboratoire disponibles, cette valeur limite est estimée être égale à 11 dans la plage des niveaux de contraintes électriques de surface donnés dans le tableau ci-dessus.

En ce qui concerne le rapport  $\frac{I_c}{I_{sc}}$  les limites spécifiées sont généralement respectées par plusieurs installations d'essai. Dans la plupart des cas, la limite inférieure est respectée grâce à la capacité équivalente de la source, à la capacité globale (traversées et diviseur de tension) et aux capacités parasites du circuit.

## **Annexe B** (informative)

### **Détermination des caractéristiques de tenue des isolateurs**

#### **B.1 Généralités**

Les Paragraphes 5.6 et 6.8 ont pour objet de vérifier le degré de pollution spécifié tenu à la tension d'essai spécifiée. Toutefois, les caractéristiques d'un isolateur peuvent également être déterminées pour une plage de tensions ou, en d'autres termes, pour une plage de lignes de fuite spécifiques de l'isolateur lui-même. Pour ce faire, le degré de pollution maximal tenu est mesuré à différents niveaux de tension ou, dans certains autres cas, la tenue en tension maximale ou la tenue en tension 50 %, à différentes valeurs du degré de pollution de référence. Des exemples de procédures pour de telles évaluations sont décrits ci-dessous.

Des instructions de contrôle du matériel de laboratoire utilisé pour les essais de pollution artificielle, le cas échéant, sont données à l'Article B.4.

#### **B.2 Détermination de la salinité maximale tenue à une tension d'essai donnée**

L'isolateur doit être soumis à un certain nombre d'essais à une tension d'essai donnée et à différentes salinités choisies parmi celles énumérées en 5.2. Les essais doivent être effectués conformément à 5.6.

Les essais peuvent être effectués dans n'importe quel ordre sous réserve de respecter les conditions suivantes:

- a) lorsque le nombre total de contournements pour une salinité donnée atteint deux, aucun autre essai ne doit être effectué à des salinités supérieures ou égales;
- b) lorsque le nombre total de tenues atteint trois, aucun autre essai ne doit être effectué à des salinités inférieures ou égales.

Le préconditionnement (voir 5.5) doit être réalisé sur l'isolateur avant de déterminer la salinité maximale tenue.

NOTE Lorsqu'une série d'essais de longue durée est réalisée, l'isolateur peut avoir besoin d'être nettoyé selon les recommandations en 4.3.2, puis préconditionné chaque fois que les conditions de l'isolateur le nécessitent.

Si quatre tenues sont enregistrées à une salinité de 224 kg/m<sup>3</sup>, la salinité maximale de tenue doit être supposée comme étant supérieure ou égale à 224 kg/m<sup>3</sup>. Si un contournement et trois tenues sont enregistrés à une salinité de 224 kg/m<sup>3</sup>, cette salinité doit être considérée comme étant la salinité maximale de tenue.

#### **B.3 Détermination de la tenue en tension maximale ou de la tenue en tension 50 %; à une conductivité de la couche de référence donnée ou à une densité du dépôt de sel de référence donnée**

##### **B.3.1 Tenue en tension maximale**

Une série d'essais doit être effectuée sur des isolateurs dont la couche présente une valeur de conductivité ou de densité du dépôt de sel de référence donnée. Chacun des essais doit être effectué à chaque niveau d'une série de tensions, dont chacun doit être égal à environ 1,05 fois la valeur du niveau immédiatement inférieur.

Chaque essai doit être exécuté conformément à 6.7.

Ces essais peuvent se succéder dans n'importe quel ordre sous réserve de respecter les conditions suivantes:

- a) lorsque le nombre total de contournements à chaque tension atteint deux, aucun autre essai ne doit être effectué à des niveaux de tension supérieurs ou égaux;
- b) lorsque le nombre total de tenues à une tension donnée atteint trois, aucun autre essai ne doit être effectué à des niveaux de tension inférieurs ou égaux.

### B.3.2 Tenue en tension 50 %

L'isolateur doit être soumis à au moins dix essais "utiles" à un degré de pollution de référence donné. L'essai doit être réalisé conformément à 6.7.3. Le niveau de tension appliquée dans chaque essai doit varier selon la méthode des suites croissantes et décroissantes. Le palier de la tension doit être d'environ 10 % de la tenue en tension 50 % prévue.

Il convient de sélectionner le premier essai "utile" comme étant le premier qui donne un résultat différent des essais précédents. Il convient de prendre uniquement cet essai, et au moins neuf des essais suivants, comme étant des essais utiles pour déterminer la tenue en tension 50 %. La tenue en tension 50 % doit être calculée par le biais de la formule suivante:

$$U_{50\%} = \frac{\sum (n_i \times U_i)}{N}$$

où:

$U_i$  est un niveau de tension appliquée

$n_i$  est le nombre de groupes d'essais effectués au même niveau appliqué de la tension  $U_i$

$N$  est le nombre d'essais utiles

De plus amples détails sur la méthode des suites croissantes et décroissantes et le traitement des résultats correspondants doivent être consultés dans la CEI 60060-1.

NOTE La tenue en tension 50 % est souvent appelée "tension de contournement 50 %".

## B.4 Valeurs de tenue des isolateurs de suspension de référence

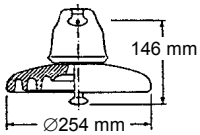
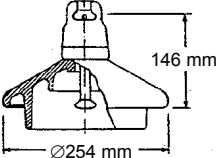
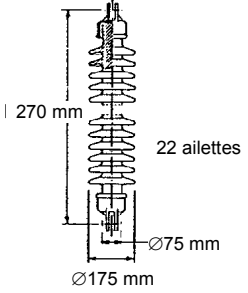
Afin de faciliter la vérification du matériel existant ou nouveau des laboratoires, destiné aux essais sous pollution artificielle, les plages des valeurs des caractéristiques de tenue de quelques isolateurs de suspension de référence sont données au Tableau B.1. Ces valeurs, qui sont fondées sur les résultats obtenus à partir de plusieurs laboratoires situés à moins de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer, ont été obtenues conformément aux recommandations données dans la présente norme.

NOTE Les isolateurs de suspension de référence donnés au Tableau B.1 ne doivent pas être considérés comme représentatifs de leurs classes respectives. Leur choix n'implique, en lui-même, aucun jugement de mérite ni aucune supposition quant à leurs meilleures performances que d'autres types similaires d'isolateurs en essai ou en service.

Les laboratoires qui commencent à s'initier aux essais sous pollution artificielle ou ceux qui sont situés à plus de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer ou ceux qui ne sont pas familiers à l'une des méthodes d'essai susmentionnées peuvent s'attendre à trouver des variations par rapport aux plages de valeurs données au Tableau B.1.

**Tableau B.1 – Intervalles des valeurs de caractéristiques de tenue des isolateurs de suspension de référence dans des essais sous pollution artificielle**

Chaînes simples en position verticale

Type d'isolateur et nombre d'unités par chaîne	Ligne de fuite spécifique unifiée	Tension appliquée (eff.)	Méthode d'essai au brouillard salin	Méthodes de la couche solide			
				Procédure A <sup>a)</sup>		Procédure B	
				Salinité maximale de tenue	Conductivité de la couche maximale de tenue	Densité du dépôt de sel maximale de tenue	Densité du dépôt de sel maximale de tenue
mm/kV	kV	kg/m <sup>3</sup>	μS	mg/cm <sup>2</sup>	mg/cm <sup>2</sup>	μS	
 9 unités Ligne de fuite globale: 2 630 mm	27,8 (= 16 × √3)	95	7 à 14	7 à 14	0,02 à 0,04	0,035 à 0,07	
	34,7 (= 20 × √3)	76	20 à 40	14 à 28	0,04 à 0,1	0,1 à 0,2	
 9 unités Ligne de fuite globale: 3 510 mm	34,7 (= 20 × √3)	101	28 à 56	14 à 28	0,04 à 0,1	0,1 à 0,2	
	43,3 (= 25 × √3)	81	80 à 160	20 à 40	0,06 à 0,15	0,28 à 0,56	
 1 unité Ligne de fuite globale: 2 960 mm	34,7 (= 20 × √3)	85	14 à 28	14 à 40	0,025 à 0,08	0,1 à 0,2	
	43,3 (= 25 × √3)	68	40 à 80	28 à 56	0,06 à 0,13	0,28 à 0,56	

a) Les valeurs de conductivité de la couche maximale de tenue et de densité du dépôt de sel maximale de tenue pour la procédure A se réfèrent à des essais réalisés en utilisant la composition de la suspension donnée en 6.3.2.

**Annexe C**  
(informative)

**Mesure de la conductivité de la couche pour contrôler l'uniformité de la couche**

Le dispositif de mesure de la conductivité de la couche ( $K$ ) relative à la couche humide sur la surface d'un isolateur comprend essentiellement une sonde et un instrument de mesure. À titre indicatif, un montage éventuel d'un tel dispositif est décrit dans ce qui suit:

– *Sonde* (Figure C.1)

Deux électrodes sphériques en acier inoxydable de 5 mm de diamètre et de 14 mm de distance entre centres, dépassant de la sonde, doivent être appliquées manuellement sur la surface de l'isolateur. Une pression constante est obtenue sur la surface grâce à un mécanisme de ressorts développant une force de 9 N environ.

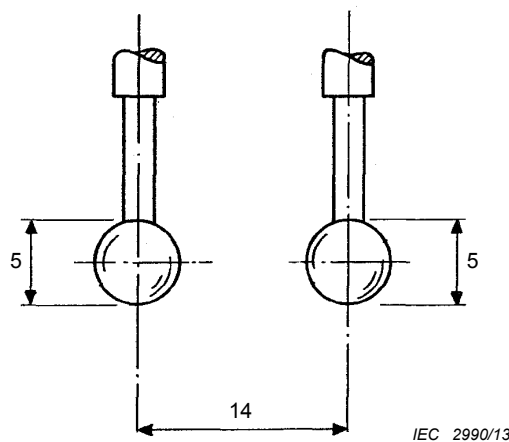
– *Appareil de mesure* (Figure C.2)

Une source de tension stabilisée par une diode Zener de 6,8 V fournit le courant à travers les électrodes et les surfaces comprises entre ces électrodes. L'instrument de mesure présentant une déviation pleine échelle de 50  $\mu$ A est protégé par une diode en parallèle.

Pour des films minces d'une conductivité de la couche de 50  $\mu$ S, la résistance entre les électrodes est estimée être de 32,7 k $\Omega$ : les valeurs respectives correspondant aux conductivités de la couche de 100  $\mu$ S et 500  $\mu$ S sont de 16,35 k $\Omega$  et de 3,27 k $\Omega$ . Chacune de ces résistances est couplée à une batterie d'essais insérée en parallèle avec les électrodes. Le bouton de sélection est utilisé pour choisir la déviation pleine échelle correspondant aux plages de mesures respectives.

La mesure de la conductivité de la couche, décrite ci-dessus, doit être effectuée en différents points de la surface de l'isolateur. L'effet de polarisation doit être pris en compte en manipulant momentanément le bouton-poussoir de l'instrument de mesure.

L'uniformité de la couche est jugée acceptable lorsque la différence entre chacune des mesures et leur moyenne, exprimée en pourcentage de la valeur moyenne, ne dépasse pas les limites de  $\pm 30$  %.



**Figure C.1 – Montage des électrodes de la sonde (toutes les dimensions en mm)**



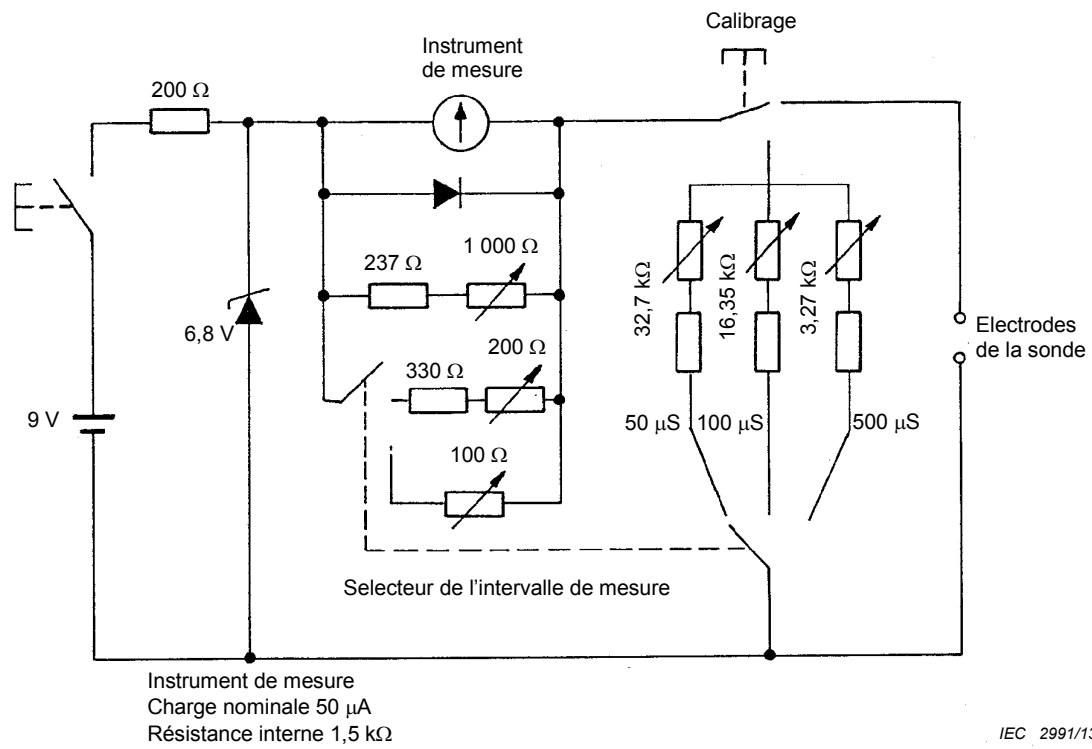


Figure C.2 – Schéma de circuit de l'appareil de mesure

## **Annexe D** (informative)

### **Recommandations supplémentaires relatives aux procédures de la méthode de la couche solide**

#### **D.1 Généralités**

Les recommandations supplémentaires ci-dessous donnent une description plus approfondie des méthodes de la couche solide, en fournissant des critères de contrôles supplémentaires à effectuer pendant les essais et permettant aux utilisateurs qui ne seraient pas suffisamment expérimentés dans ce domaine d'éviter d'éventuelles imprécisions.

Les Articles D.2 et D.3 sont d'ordre général, tandis que les Articles D.4 à D.8 se rapportent principalement à la procédure B des méthodes de la couche solide.

#### **D.2 Technique de contamination**

Si la technique de pulvérisation ou de "flow-on" (trempage) est utilisée, l'opération peut être réalisée sur l'isolateur placé dans l'enceinte dans sa position d'essai. Si la technique d'immersion est utilisée, l'isolateur doit être contaminé avant son installation dans l'enceinte d'essai. Si l'isolateur est composé de plusieurs unités en série, chacun d'eux doit être immergé séparément, en maintenant son axe vertical pendant la durée d'égouttage de la contamination et jusqu'au séchage complet de la couche.

Si, après l'opération de contamination, une couche marbrée est observée sur l'isolateur, sa surface doit être lavée et nettoyée à nouveau conformément à 5.2. Ensuite, une ou plusieurs tentatives de contamination sont réalisées, suivies à chaque fois du lavage approprié, jusqu'à l'obtention d'une couche continue sur l'isolateur. Les essais peuvent alors commencer. L'expérience a montré qu'il suffit, en général, de répéter plusieurs fois l'opération pour obtenir une surface prête à être contaminée de façon satisfaisante, sans avoir recours à aucun préconditionnement.

#### **D.3 Séchage de la couche de pollution**

Un séchage naturel de la couche de pollution sur l'isolateur peut suffire, à condition qu'il dure assez longtemps (6 h à 8 h) en maintenant une humidité relative inférieure à 70 % autour de l'isolateur. Des valeurs d'humidité inférieures à ce niveau permettent des durées de séchage plus courtes.

Si de l'air chaud est utilisé pour accélérer le séchage de la couche, la méthode de production d'air chaud ne doit pas créer de dépôt d'un matériau qui affecte soit l'humidification de la surface de l'isolateur, soit le degré de pollution. Par exemple, certaines flammes de combustion peuvent générer des substances huileuses qui peuvent inhiber l'humidification des surfaces des isolateurs.

Enfin, le débit d'air chaud doit être contrôlé afin d'éviter de retirer une partie de la couche de la surface de l'isolateur.

#### **D.4 Vérification de l'humidification par le brouillard**

Dans certains cas de très basse ou très haute température extérieure, notamment pour une enceinte d'essai à faible isolement thermique, de grande altitude ou en présence de

turbulences dans l'enceinte d'essai, une vérification directe de l'humidification par le brouillard sur l'isolateur en essai peut être nécessaire.

Dans ce but, un isolateur témoin, constitué d'une chaîne d'au moins deux éléments normalisés du type à capot et tige (Tableau B.1) contaminés à la valeur de *DDS* de  $0,07 \text{ mg/cm}^2$  doit être placé, sans être mis sous tension, dans l'enceinte d'essai à la place de l'isolateur en essai, à la même hauteur moyenne au-dessus du sol. Alors que le générateur de brouillard fonctionne comme en essai réel, le courant circulant à travers la couche humide de l'isolateur témoin est mesuré conformément à la procédure indiquée en 6.5.2. L'augmentation de la conductance de la couche avec le temps doit être surveillée et comparée à la courbe de référence donnée à la Figure D.1. Le cas échéant, le débit de brouillard doit être réajusté pour que la courbe mesurée soit conforme à la courbe de référence.

### **D.5 Vérification de l'uniformité du brouillard pour des objets d'essai volumineux ou complexes**

Si l'objet d'essai volumineux ou complexe (plus de 3 m de longueur ou dont plusieurs parties isolantes sont sous tension, par exemple), il peut être nécessaire de vérifier que la densité du brouillard (et donc le taux d'humidification) est uniforme aux différentes parties de l'objet d'essai. Une humidification inégale de l'objet d'essai (notamment si l'extrémité sous tension est humide alors que les autres parties sont relativement encore sèches) peut donner lieu à des résultats incorrects.

Les mesures sont réalisées à proximité de l'objet d'essai lui-même ou en des endroits correspondant à la position de l'objet d'essai, s'il est absent. Il revient au laboratoire d'essais de choisir les mesures adaptées, par exemple:

- Mesure de la conductance sur des isolateurs témoins pollués (mesurée comme décrit en D.4)

Les isolateurs témoins doivent être placés à des positions satisfaisant aux lignes directrices suivantes:

- Entre 1 m et 1,5 m de distance latérale de l'objet d'essai
- Pour les objets ne dépassant pas 3 m de hauteur, un site de mesure est suffisant et doit être placé approximativement au milieu de l'objet d'essai. Pour les objets de plus de 3 m de hauteur, le nombre de sites de mesure doit être augmenté de manière à couvrir toute la hauteur de l'objet d'essai. Il est recommandé que la distance maximale entre deux sites de mesure adjacents ne dépasse pas 3 m.
- La mesure de la conductance sur des sections de l'objet d'essai pollué lui-même est effectuée à l'aide d'électrodes adaptées, par exemple une bande adhésive en cuivre. La conductance de ces sections est mesurée comme indiqué à l'Article D.4. Il convient de placer les électrodes de manière à garantir la répartition uniforme de l'humidification le long de l'objet d'essai. Dans le cas de multiples configurations d'isolateur parallèle, il n'est pas nécessaire de procéder à des mesures sur chaque bras d'isolateur.

Il est recommandé de vérifier le taux d'humidification comme indiqué à l'Article D.4 après ajustements, afin de s'assurer que le débit de vapeur est toujours correct.

### **D.6 Admission de brouillard dans l'enceinte d'essai**

Le brouillard doit être produit par de la vapeur d'eau bouillante dans des cuves ouvertes ou par de la vapeur produite à faible vitesse par des pulvérisateurs de gros diamètre. L'admission de brouillard dans l'enceinte d'essai doit être permise uniquement après que la génération de vapeur a atteint un régime permanent. Par conséquent, lorsque la vapeur est produite par des cuves, celles-ci doivent être couvertes jusqu'à ce que l'eau contenue atteigne le point d'ébullition.

L'isolateur doit être positionné de telle manière que le brouillard visible qui l'entoure soit aussi uniforme que possible.

L'élévation de température dans l'enceinte d'essai mesurée à la hauteur de l'objet ne doit pas dépasser 15 K à la fin de l'essai.

### **D.7 Durée minimale de l'essai de tenue**

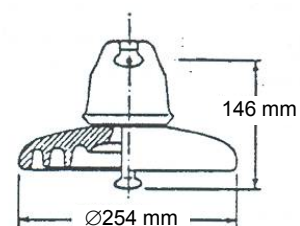
Une évaluation directe du temps minimal que doit durer un essai pour être considéré comme étant un essai de tenue peut donner, dans certains cas, des durées plus courtes que celles requises en 6.7.3. Pour cela, des mesures des valeurs de crête du courant de fuite sur l'isolateur d'essai sous tension doivent être effectuées pendant l'essai. Après obtention de la valeur crête maximale, le courant de fuite diminue, par suite du lavage de la couche qui s'effectue après son humidification. Lorsque les valeurs de crête de courant ont diminué jusqu'aux valeurs définitivement inférieures à 70 % de la valeur de crête maximale enregistrée, la tenue de l'isolateur est considérée comme définitive et l'essai peut être arrêté.

### **D.8 Évaluation de la densité du dépôt de sel (DDS) de référence**

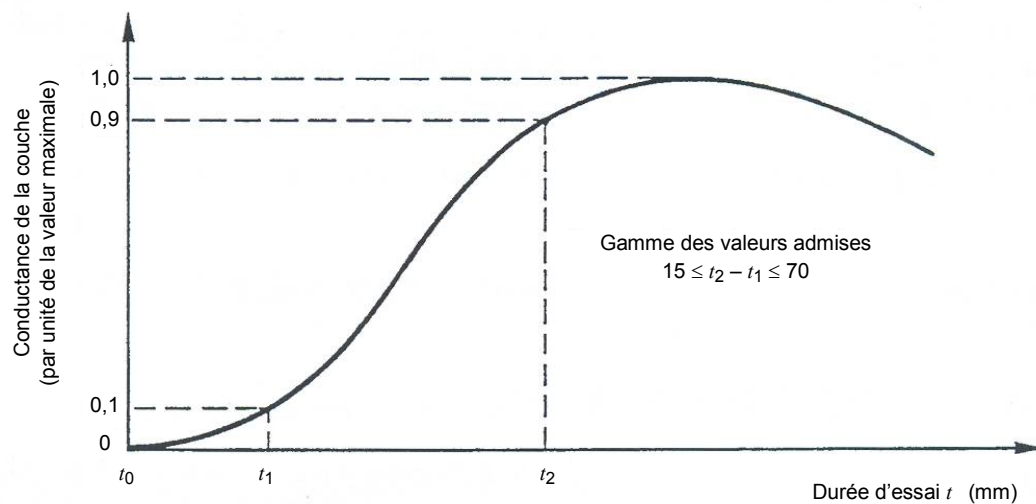
La couche de pollution doit être complètement enlevée de la zone de la surface choisie de l'isolateur. Dans ce but, la zone doit être essuyée au moins trois fois de suite.

À titre indicatif, 2 litres à 4 litres d'eau déminéralisée par mètre carré de surface nettoyée peuvent être utilisés pour dissoudre le dépôt recueilli. L'efficacité de l'opération d'enlèvement peut être contrôlée par des mesures successives du dépôt résiduel.

Chaque technique de contamination conduit à une différence entre les valeurs de *DDS* mesurées séparément sur les surfaces supérieure et inférieure de l'isolateur. Cette différence est due à la fois à la forme de l'isolateur et au type de la suspension contaminante (voir 6.3). Il est recommandé de vérifier que le rapport entre une mesure locale de *DDS* et celle de la surface totale de l'isolateur se situe dans l'intervalle de 0,7 à 1,3.



Ligne de fuite totale: 292 mm



IEC 2992/13

**Figure D.1 – Contrôle de l'humidification par le brouillard à base de vapeur:  
Enregistrement de la conductance de la couche pendant l'essai sur l'isolateur  
témoin (type normalisé du Tableau B.1)**

## **Annexe E** (informative)

### **Informations supplémentaires relatives aux essais sous pollution artificielle des isolateurs pour des réseaux de tension supérieure ou égale à 800 kV (méthode de la couche solide – procédure B)**

#### **E.1 Introduction**

Dans la présente Annexe, des informations supplémentaires, plus particulièrement celles relatives aux installations d'essai, aux systèmes d'humidification, à la vérification de l'humidification et au débit de vapeur, sont données avec la méthode de la couche solide – procédure B pour les essais sous pollution artificielle des réseaux de tension supérieure ou égale à 800 kV.

#### **E.2 Enceinte d'essai**

Les distances recommandées (en mètres) des parties actives de l'objet d'essai à partir d'une structure mise à la terre doivent être supérieures à la tension d'essai phase-terre maximale (en kV) divisée par 200. La même distance doit être maintenue entre la partie active de la traversée du fournisseur de tension et une partie de l'objet d'essai.

#### **E.3 Générateur de brouillard**

Le brouillard peut être généré de différentes manières, comme des chaudières placées dans l'enceinte d'essai, des pulvérisateurs horizontaux et/ou verticaux alimentés par un générateur de vapeur externe ou une combinaison de ces possibilités.

Si des pulvérisateurs sont utilisés, ils ne doivent pas être directement orientés vers l'objet d'essai.

#### **E.4 Humidification et uniformité de la densité du brouillard**

Il est recommandé de vérifier que l'humidification et l'uniformité de la distribution du brouillard sont conformes aux Articles D.4 et D.5, au moins à chaque modification de la configuration d'essai.

NOTE Pour les objets d'essai volumineux, les résultats d'essai peuvent faire l'objet d'une dispersion significative, particulièrement aux niveaux d'essais à ultra haute tension. Pour limiter cette dispersion, il est nécessaire de contrôler précisément tous les paramètres d'essai.

L'expérience d'essai indique qu'en cas de température élevée comme en été, il peut être nécessaire d'augmenter le débit de vapeur initial jusqu'à 0,080 kg/h/m<sup>3</sup> par exemple et d'ajuster le débit pendant l'essai. Par exemple, il est possible de maintenir le débit initial de 10 minutes à 20 minutes, puis de le diminuer pour la suite de la période d'essai.

## Bibliographie

- [1] *Polluted insulators: A review of current knowledge*. CIGRE TB No. 158, juin 2000  
(disponible uniquement en anglais)
-





Copyright International Electrotechnical Commission

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)