

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61467

Edition 1.0 2008-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.080.10; 29.240.20

ISBN 2-8318-9953-2

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Symbols and abbreviations.....	7
5 Characteristics of the test current.....	8
6 Supply and return circuit conditions	9
7 Tests on insulator sets	11
7.1 General remarks.....	11
7.2 Test arrangement	11
7.3 Test current.....	11
7.4 Supply and return circuit conditions.....	11
7.5 Arc initiation	12
7.6 Ambient conditions	14
7.7 Test series and characteristics of the power arcs	14
8 Tests on short strings	14
8.1 General remark	14
8.2 Test arrangement	15
8.3 Test current.....	15
8.4 Supply and return circuit conditions.....	15
8.5 Arc initiation	15
8.6 Ambient conditions	15
8.7 Test series and characteristics of the power arcs	16
9 Test report.....	18
10 Evaluation of results.....	18
10.1 General remark	18
10.2 Visual examination	18
10.3 Porcelain or glass insulators.....	18
10.4 Composite insulators.....	19
10.5 Acceptance criteria.....	19
Annex A (normative) Examples of test arrangements and practical methods of tower simulation (return circuit)	20
Annex B (normative) Determination of the r.m.s. value of the current.....	25
Annex C (informative) No-load voltage of the power source	27
Annex D (informative) Power arcs on insulator sets and their true simulation by appropriate positioning of fusible wires	28
Annex E (informative) Wind velocity during power arc tests	30
Annex F (informative) Variation of the fault current magnitude and reasons for the choice of the prescribed test parameters	31
Annex G (informative) Recommendations for the test report	33
Annex H (informative) Sample of a power arc test report	37
Bibliography.....	40
Figure 1 – Illustration of supply and return currents	10
Figure 2 – Arc initiation.....	13

Figure 3 – Mounting arrangement for short strings	17
Figure A.1 – Test arrangement of vertical insulator set	21
Figure A.2 – Test arrangement of vertical insulator set using simplified tower steel structure	22
Figure A.3 – Test arrangement of Vee insulator set located in the centre of the tower (for the simplified tower steel structure and return circuit, see Figures A.1 and A.2).....	23
Figure A.4 – Test arrangement of horizontal insulator (for the simplified tower steel structure and return circuit, see Figures A.1 and A.2)	24
Figure D.1 – 5 kA power arc test of a 145 kV string consisting of 7 cap and pin units.....	29
Figure F.1 – Distribution of arc current (I) and its supply circuit components (I_{S1} , I_{S2}) along a 100 km long, 145 kV line connecting busbars of 28 kA short-circuit current	32
Table 1 – Supply and return conditions	9
Table 2 – Test series for insulator sets	14
Table 3 – Test series for short insulator strings.....	16
Table 4 – Test assessment criteria	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATORS FOR OVERHEAD LINES –
INSULATOR STRINGS AND SETS FOR LINES WITH
A NOMINAL VOLTAGE GREATER THAN 1 000 V –
AC POWER ARC TESTS**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 61467 has been prepared by subcommittee 36B: Insulators for overhead lines, of IEC technical committee 36: Insulators.

This first edition cancels and replaces IEC/TR 61467, which was published as a technical report in 1997. It constitutes a technical revision and now has the status of an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
36B/277/FDIS	36B/280/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 maintenance result 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.

INSULATORS FOR OVERHEAD LINES – INSULATOR STRINGS AND SETS FOR LINES WITH A NOMINAL VOLTAGE GREATER THAN 1 000 V – AC POWER ARC TESTS

1 Scope and object

This International Standard applies to insulator strings and sets comprising string insulator units of ceramic material, glass or composite material for use on a.c. overhead lines and traction lines with a nominal voltage above 1 000 V and a frequency between 15 Hz and 100 Hz.

This standard also applies to insulator strings or sets of similar design used in substations.

This standard establishes a standard test procedure for power arc tests on insulator sets. It also establishes a standard test procedure for power arc tests on short strings.

This standard does not apply to insulator sets mounted on non-metallic poles or towers.

This standard cannot be directly applied to line post insulators or sets, or to insulating structures such as braced line-posts, since their mounting arrangement cannot be reproduced by the standard arrangements as described herein. However, this standard can be used as a basis for agreement for tests on such insulators and arrangements.

The object of this standard is

- to define the terms used,
- to prescribe a standard test procedure,
- to prescribe criteria to evaluate the results of the tests.

Power arc tests are not an obligatory element of line insulator specifications. The standard test procedures and the evaluation criteria described in this standard are intended to provide testing guidance when power arc tests are felt to be necessary. It is not the object of this standard to introduce a general obligation to execute these tests.

2 Normative references

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

IEC 60797, *Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric*

IEC 60826, *Design criteria of overhead transmission lines*

3 Terms and definitions

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

NOTE Definitions of other terms used in this standard can be found in IEC 60050-471, IEC 60383-1 and IEC 60383-2.

3.1 test

one application of the specified test current for the specified duration to the insulator string or set

3.2 test sequence

three successive tests on the same insulator string or set

3.3 test series

a group of test sequences used to characterize the power arc performance of an insulator string or set

3.4 per cent initial asymmetry of current

deviation of the current from a symmetrical wave during the first cycle of a power arc

NOTE Per cent initial asymmetry is expressed as a function of the absolute peak value of the current of the first cycle (I_m) divided by the r.m.s. value of the current (I) as follows:

$$\left(\frac{|I_m|}{I \times \sqrt{2}} - 1 \right) \times 100$$

3.5 supply circuit

electrical connection through which the current of a power arc flows to the line side of the test object from the power source

3.6 return circuit

electrical connection through which the current of power arc flows from the earth side of the test object to the power source

3.7 balanced circuit

supply or return circuit in which the current flow is in two diametrically opposed directions

3.8 unbalanced circuit

supply or return circuit in which the current flow is principally in one direction

3.9 short string (cap and pin units)

string of three to six insulator units having a minimum arcing distance of 400 mm

3.10 short string (long rod and composite units)

string of one or more insulator units having an arcing distance between 400 mm and 1 000 mm

4 Symbols and abbreviations

The following symbols and abbreviations are principally used in the tables and figures hereafter.

Unless otherwise stated currents and voltages are expressed as r.m.s values.

I	Arc current
I_n	Specified arc current
t	Arc time
t_n	Specified arc time
I_m	Peak current value
$I_{R1,2}$	Currents in the return circuit
$I_{S1,2}$	Currents in the supply circuit
I_{sys}	Rated short-circuit current of the network system
L_A	Length of the insulator string
L_B	Length of the insulator set
L_R	Length of simulation of the return circuit
L_S	Length of simulation of the supply circuit
D	Distance from the centre point of the tested insulator set to the surrounding framework
M_L	Mechanical load on the tested insulator set
α	Angle from the horizontal plane of a tension insulator set
SFL	Specified minimum (electro-)mechanical failing load
SML	Specified mechanical load

5 Characteristics of the test current

The tests shall be made with single-phase alternating current. Initial asymmetry (d.c. component) shall not exceed 30 %.

NOTE This requirement is explained by the fact that the flashovers on a contaminated insulator set in service generally occur in the vicinity of a voltage peak, consequently with a minimal direct current component.

For 50 Hz or 60 Hz systems, the frequency of the test circuit shall be from 45 Hz to 65 Hz. For other system frequencies, the frequency of the test supply shall not in principle deviate from the specified value by more than 10 %. By agreement with the user, tests may be performed at a higher or lower frequency than the intended operating frequency. The frequencies may vary within the above limits during each test.

The test circuit shall be adequate to supply the specified values of arc current (r.m.s) and arc duration. Annex C gives information on no-load voltages suggested to achieve specified current values. Unless agreed otherwise, the permissible tolerance of the arc current with respect to the specified r.m.s. value of the current is ± 10 %.

The actual arc current during the test shall be practically sinusoidal. The r.m.s. value of the test current may be derived from the arithmetic mean of the peak values during the test duration (see Annex B). If the measuring equipment permits, the r.m.s. value may be calculated from the current function.

The test current shall be essentially constant over the arcing time. During the arcing time, the following deviations from the specified value are permissible:

- the arc current crest values shall not deviate from the specified value ($I_n\sqrt{2}$) by more than ± 20 %;
- for arcing times greater than 0,2 s, the above tolerance may be exceeded during not more than 20 % of the total arcing time.

In any case, the product of the actual arc current and duration $I \times t$ shall be within ± 10 % of the product of the specified arc current and duration $I_n \times t_n$.

In cases where the movement of the arc root onto the tower or along the line conductor occurs, these tolerances may be exceeded.

6 Supply and return circuit conditions

The supply and return circuits depend on the service conditions, notably on the location of the insulator set along the line and on the tower geometry. The characteristic cases to be simulated in tests are given in Table 1 and illustrated in Figure 1 for complete sets and in Figure 3 for short strings.

Table 1 – Supply and return conditions

	Balanced supply circuit	Unbalanced supply circuit
Balanced return circuit	<p>A circuit</p> $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ <p>For example: Insulator set in the centre phase window of a tower in the middle of a line</p>	<p>B circuit</p> $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ <p>For example: Insulator set in the centre phase window of a tower at the extremity of a line</p>
Unbalanced return circuit	<p>C circuit</p> $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ <p>For example: Insulator set on the lateral phase cross-arm of a tower in the middle of a line</p>	<p>D circuit</p> $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ <p>For example: Insulator set on the lateral phase cross-arm of a tower at the extremity of a line</p>

The permissible deviation of the currents I_{R1} and I_{R2} , I_{S1} and I_{S2} from their specified value shall not exceed $\pm 20\%$. This may be verified by a circuit calibration test.

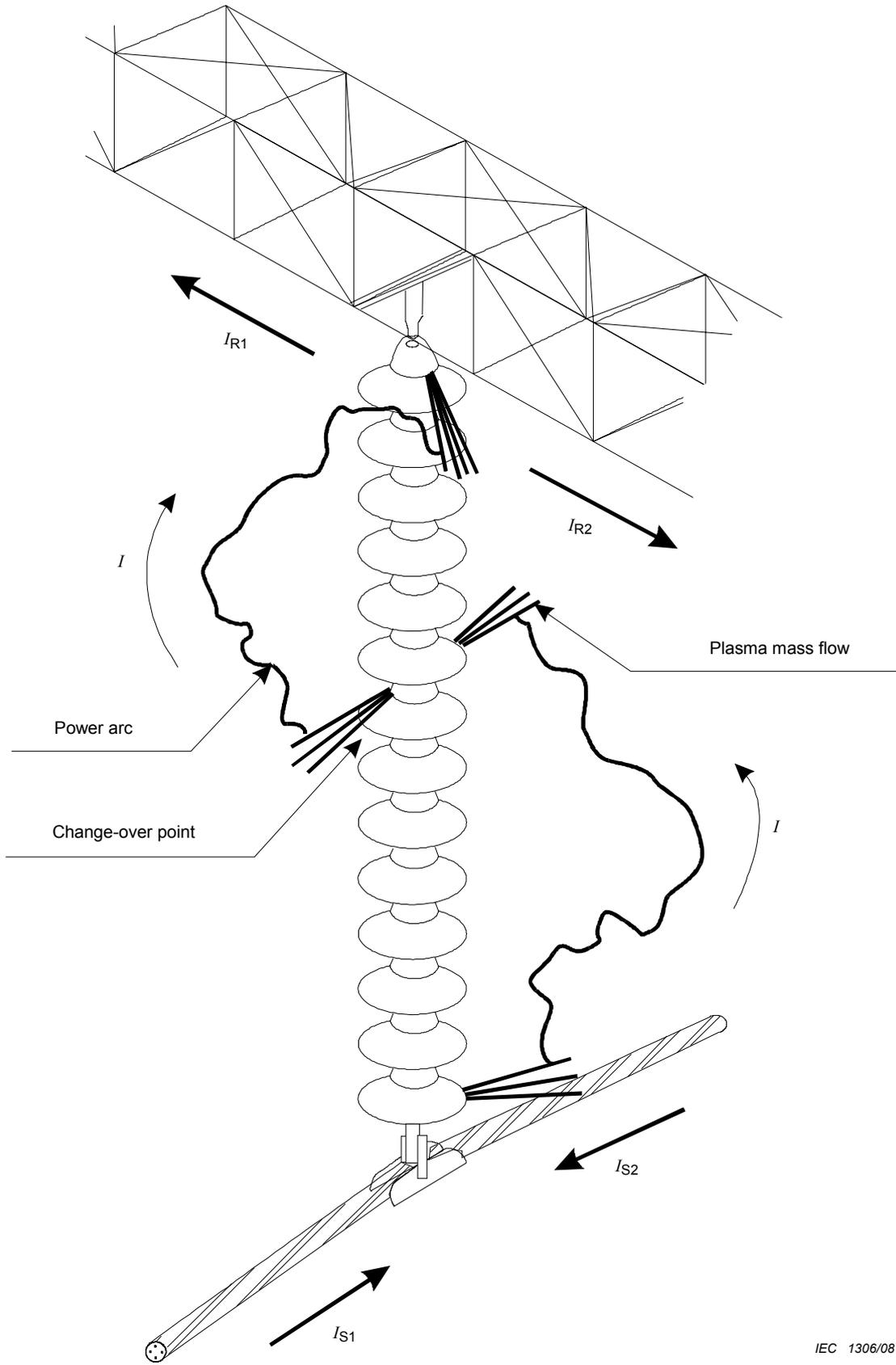


Figure 1 – Illustration of supply and return currents

IEC 1306/08

7 Tests on insulator sets

7.1 General remarks

The test procedure for insulator sets described in this standard consists of two possible series of three power arc applications (sequences) at different current levels and of different duration. This test procedure is intended to cover fault current conditions occurring at representative points along a line. The test procedure is also intended to reproduce pollution-induced power arc flashover, which creates the most severe conditions.

As the test procedure for insulator sets described in this standard is intended to simulate conditions encountered in service, attention is drawn to the fact that it is not possible to extrapolate the behaviour of an insulator set of a given length to that of an insulator set of different length or equipped with fittings of different design or materials.

7.2 Test arrangement

The test arrangement shall duplicate the actual configuration of the complete insulator set and as closely as possible that of the conductor and of the part of the tower nearest to the insulator set. The actual protective fittings shall be used and their position with respect to the insulator units, the clamps and the conductor shall be reproduced. The aim of the true simulation of the actual configuration is to recreate the real electromagnetic field affecting the arc movement.

The distances between the insulator set and the grounded structures simulating the tower shall be the same as for the service configuration. In the case of some insulator sets (e.g. extra high voltage, special configurations), the actual simulation of the tower may be limited by the facilities of test laboratories. In the case of long insulator sets ($L_B > 6$ m), a distance D of 6 m between tower and line conductors is sufficient.

The distance from the conductors to the ground plane shall be at least $L_B/2$ or 3 m for $L_B > 6$ m.

The test arrangement shall include a conductor or conductor bundle having characteristics similar to the one used in service. To create the real electrodynamic forces affecting the arc movement, the conductor length on both sides of the insulator sets shall be at least equal to the insulator set length but its minimum length shall be 2,5 m. In the case of long insulator sets ($L_B > 6$ m), a conductor length L_S of 6 m is sufficient (see Annex A).

Some appropriate test arrangements and tower simulations (return circuit) are shown in Annex A.

In order to avoid poor electrical contacts and to ensure that the insulator set is correctly positioned, a mechanical load shall be applied to the insulator set. In the case of vertical insulator sets, this load can be applied by means of a suitable weight suspended from the suspension clamp or conductor by means of an insulated link. The value of the load shall be at least 5 kN on the complete insulator set. In the case of tension insulator sets, a higher mechanical load may be necessary to reproduce the service angle of the insulator set (see Figure A.4).

7.3 Test current

The characteristics of the test current shall be in accordance with Clause 5.

7.4 Supply and return circuit conditions

The supply and return circuits shall be chosen to represent the service conditions being simulated (see Clause 6).

7.5 Arc initiation

The arc shall be initiated by fusible wire of a low resistance material (e.g. silver, aluminium, copper) with a maximum total cross-section of 1 mm². If more than one wire is used, they shall be twisted together in parallel.

NOTE If there are problems in initiating the arc, a larger diameter fusible wire may be used. However it should be noted that this can have an adverse effect on the test result due to reduced initial arc mobility and deposition of metal on the insulator surface.

The aim of the specified arc initiation is to create conditions similar to that of a flashover occurring on a contaminated insulator set. This kind of flashover can cause the arc to root on intermediate points along the string. The description of the arcing phenomenon and the detailed explanation of the positioning of fusible wires are given in Annex D.

The fusible wires shall be attached to the metal parts by a single point contact in the following manner and as shown in Figure 2.

a) *Cap and pin insulator sets*

The first wire shall be attached to the cap of the earth side unit and to the pin of an intermediate unit at an interval of three to five units. The following wire is placed in the same manner, but on the opposite side of the string. This method shall be repeated up to the end of the string. Figure 2a shows the positioning of the wires and the connection of the wire to the limit point of the cap and the shed and to the pin. When there are practical difficulties to attach the fusible wire to the pin (e.g. due to the shape of the insulators), it is allowed to attach it to the cap of the next insulator.

In case of short insulator sets, having less than 6 units, one change-over point shall be created on the string approximately in the middle.

b) *Long rod and composite insulator sets*

The wire shall be attached between the metal parts of the insulator and be wrapped around the core in the middle of the insulator and continuing from there to the opposite side. The different units shall have separate fuse wires according to Figure 2b.

In the case of longer insulator sets (e.g. unit insulator length >1,5 m) the wire shall be attached between the metal parts of the insulator and be wrapped around the core and continuing from there to the opposite side of the insulator at distances of 0,6 m to 0,8 m according to Figure 2c.

In all cases (cap and pin, long rod, composite insulator sets, vertical-, Vee-, horizontal insulator sets) the plane of the fuse wires shall have an angle of 45° to the conductors (see Figures 2d and 2e).

The attachment point of the fusible wire shall be moved to an adjacent quadrant for each successive test.

In case of multiple string insulator sets (Vee, double, etc.), the arcs in one test sequence shall always be initiated on the same string. This string shall be chosen in such a manner that the normal displacement of the arc due to electromagnetic forces is towards the other string(s) of the insulator set.

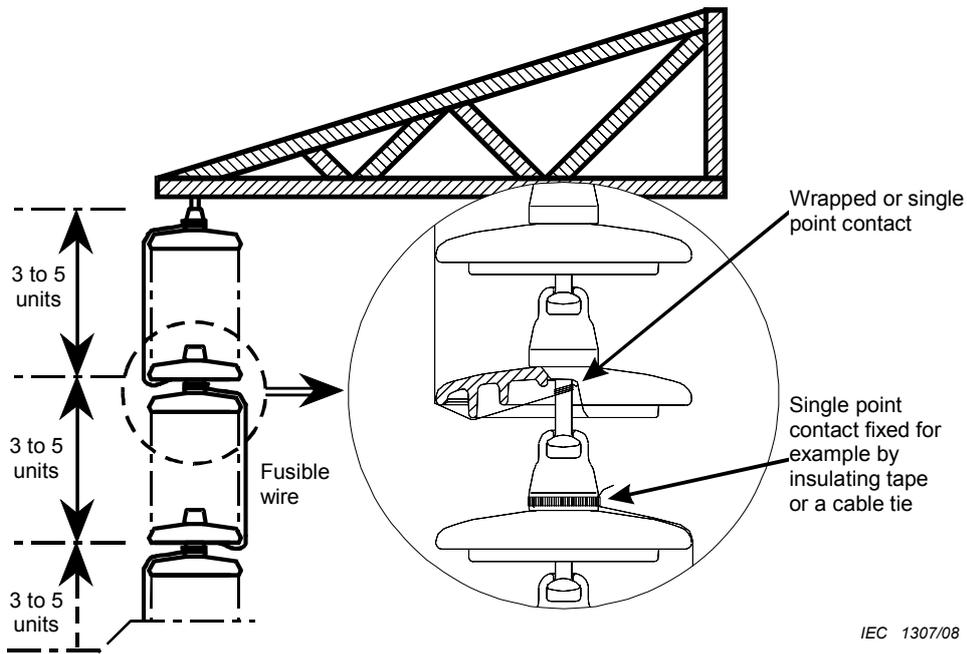


Figure 2a – Cap and pin insulators

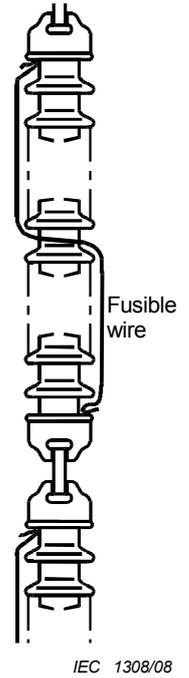


Figure 2b – Long rod insulators

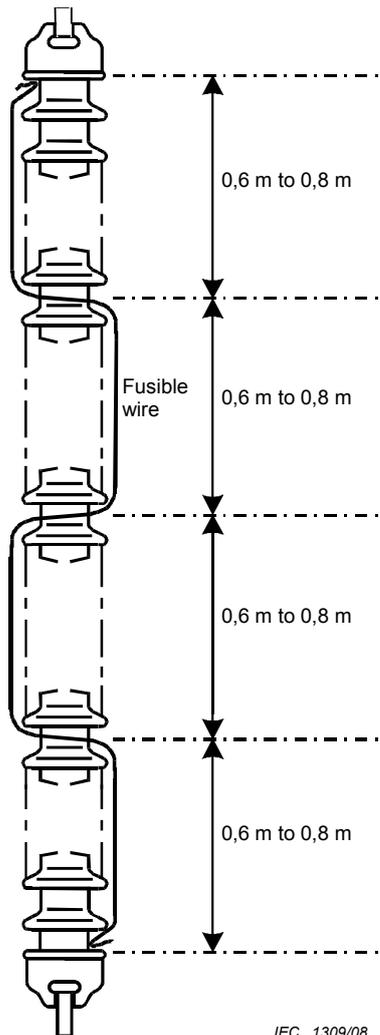


Figure 2c – Longer sets

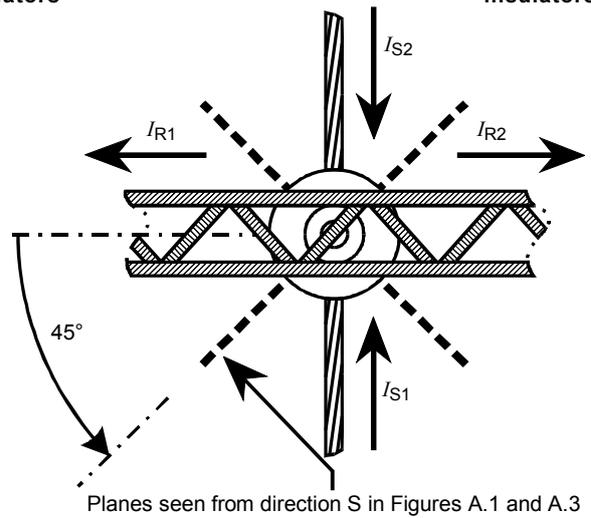


Figure 2d – Planes of the fusible wires, vertical and V strings

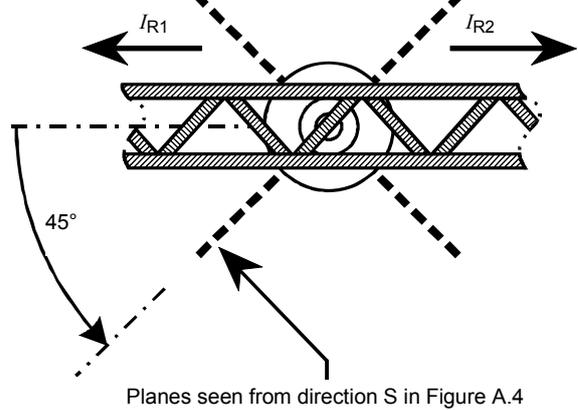


Figure 2e – Planes of the fusible wires, horizontal strings

Figure 2 – Arc initiation

7.6 Ambient conditions

The wind velocity and all other ambient conditions (atmospheric pressure, rain, humidity and temperature) shall be recorded in all cases.

As the wind has an influence on the arc movement, the tests may be carried out in a test chamber or, when performed outdoors, shall be carried out in calm weather whenever possible. To enable efficient comparison of lower current power arc tests (<10 kA), a maximum wind speed of 5 m/s is allowed.

Annex E gives an explanation of the importance of wind on power arc tests.

Other atmospheric conditions are considered to have no significant influence on the results.

7.7 Test series and characteristics of the power arcs

In accordance with Table 1 and Figure 1, the X or Y test series from Table 2 shall be chosen depending on the type of the tower. To choose the test series Y is reasonable only if the return circuit is always unbalanced, for example when the tower does not have a centre phase window. For practical purposes, in applications where different tower geometries exist and would normally require both X and Y test series, the X series shall be chosen in preference, this being more stringent. In all cases, if the test series X is performed, then series Y is not necessary.

Table 2 – Test series for insulator sets

Test series	Test circuit (see Table 1)	Short-circuit current	Number and duration of tests (test sequence)
X	A	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	A	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	B	$I_n = I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 0,5$ s
Y	C	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	C	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 1$ s
	D	$I_n = I_{sys}$	Two of $t_n = 0,2$ s and one of $t_n = 0,5$ s

The minimum interval between two successive tests shall be 20 min. The replacement of damaged units or of the whole insulator set is allowed after every 3 tests performed at the same current.

The number of tests and their duration are chosen to represent the conditions arising on the majority of systems. If different values are required to represent specific network characteristics, they shall be subject to prior agreement.

Annex F gives an explanation of the above prescribed values.

8 Tests on short strings

8.1 General remark

The test procedure for short strings is included in this standard as a means to evaluate the behaviour of insulator materials, design and construction under the thermal stresses encountered during a power arc. This test cannot be used to determine or predict the behaviour of a complete insulator set.

8.2 Test arrangement

The test arrangement for short strings is shown in Figure 3. The short string is hung vertically by an insulated conductor (wire, tube or rod) below an insulating plate intended to avoid transfer of the arc onto surrounding equipment. A weight or mechanical load is applied to the bottom of the string by a second insulated conductor. The supply and return circuits are connected perpendicular to these conductors, at a distance from the string of one to two times the arcing distance of the string.

The distances between the insulator string and the grounded structures shall be sufficient to avoid transfer of the arc onto the structures. The distance from the conductors to the ground plane shall be at least 1 m.

The value of the load applied to the string shall be at least 5 kN.

The fittings used to connect the conductors to the string shall be of appropriate size and shape to match the end fittings of the string under test.

8.3 Test current

The characteristics of the test current shall be in accordance with Clause 5.

8.4 Supply and return circuit conditions

The supply and return circuits shall both be unbalanced (see Clause 6 and Figure 3).

8.5 Arc initiation

The arc shall be initiated by fusible wire of a low resistance material (e.g. silver, aluminium, copper) with a maximum total cross-section of 1 mm². If more than one wire is used, they shall be twisted together in parallel.

NOTE If there are problems in initiating the arc, a larger diameter fusible wire may be used. However, it should be noted that this can have an adverse effect on the test result due to reduced initial arc mobility and deposition of metal on the insulator surface.

The fusible wire shall be attached to the metal of top and bottom fittings of the insulator string preferably by a single point contact or alternatively by wrapping. The wire shall follow the arcing distance of the string, as shown in Figure 3. If the string does not have metal end fittings, the wire shall be attached to the closest point on the mating fitting of the test arrangement.

Whenever possible, (cap and pin, long rod, composite insulator strings) the plane of the fuse wires shall have an angle of 45° to the supply and return conductors.

The attachment point of the fusible wire shall be moved to an adjacent quadrant for each successive test.

8.6 Ambient conditions

If the test is performed outdoors, the wind velocity and all other ambient conditions (atmospheric pressure, rain, humidity and temperature) shall be recorded. For tests performed indoors, atmospheric pressure, humidity and temperature shall be recorded.

As the wind has an influence on the arc movement, the tests may be carried out in a test chamber or, when performed outdoors, shall be carried out in calm weather whenever possible. To enable efficient comparison of lower current power arc tests (<10 kA), a maximum wind speed of 5 m/s is allowed.

Annex E gives an explanation of the importance of wind on power arc tests.

Other atmospheric conditions are considered to have no significant influence on the results.

8.7 Test series and characteristics of the power arcs

The test series for short strings consists of three successive tests where in each a short string is tested with one short-circuit application only. The entire short string is changed after each arc application. Table 3 gives the currents and durations of the tests in the series.

Table 3 – Test series for short insulator strings

Test circuit (see Table 1)	Short-circuit current ^a	Number and duration of tests ^a (test sequence)
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	One of $t_n = 0,1 \text{ s}$
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	One of $t_n = 0,1 \text{ s}$
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	One of $t_n = 0,1 \text{ s}$
^a Alternatively, and after agreement between the interested parties, the tests may be carried out at 6 kA for 0,2 s.		

The mechanical load on the string shall be maintained for 5 min after the application of the arc.

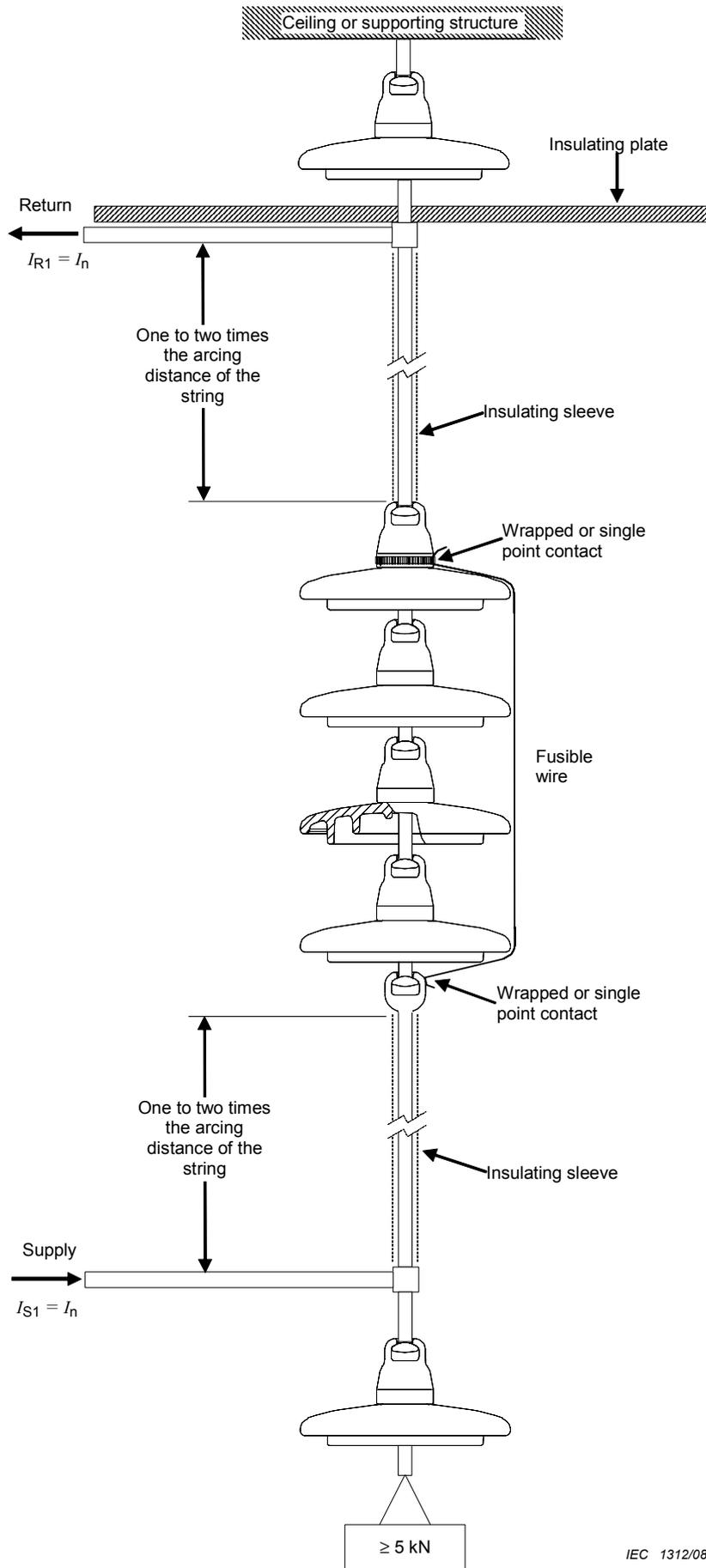


Figure 3 – Mounting arrangement for short strings

IEC 1312/08

9 Test report

In order to harmonize the format of the test reports, the information to be included in the test documentation shall appear in the following sequence:

- a) an appropriate front sheet;
- b) complete details of ratings assigned by the applicant for the tests;
- c) a list of the tests performed and, if appropriate, a list of persons witnessing the tests, as well as the circulation of the test documentation.

The remainder of the test document can be arranged to suit the convenience of the testing laboratory. The preferable format for the report is given in Annex G.

10 Evaluation of results

10.1 General remark

This clause sets forth criteria, to be used as guidelines only, for evaluating the effects on operational reliability of the insulator set or string.

The evaluation consists of two parts. A visual examination is performed first, followed by a series of analytical tests to determine the suitability of the insulators to continue in service.

For tests on insulator sets, the visual examination also includes all mechanical components and fittings of the insulator set; this information is recorded for use by other relevant product standards as necessary. The criteria for evaluation of these fittings and connections are beyond the scope of this standard.

10.2 Visual examination

A thorough visual examination, including photographs, shall record all significant damage sustained by the insulator units, fittings, protective fittings, and conductor(s):

- Metallic insulator components and all load-bearing fittings shall be examined and photographed for arc damage that could have an effect on their mechanical strength. This includes partial melting, arc puddling, and metallic evaporation.
- Metallic components that are galvanized shall be examined for damage to the coating that could sustain future corrosion.
- Metallic components that carry significant levels of surface electrical stress shall be examined for localized contour changes which might induce excessive corona and radio noise.

10.3 Porcelain or glass insulators

In addition to the visual examination for damage to the hardware components of insulators, porcelain or glass insulators shall be examined for damage to the insulating component. Damage to the insulating component can include the following:

- partial or complete breakage of sheds;
- burning or scaling of the insulating surfaces.

Ringing of the sheds of cap and pin insulators can be helpful as a preliminary means of detecting possible internal dielectric fractures in porcelain insulators. However, this method is somewhat subjective, and can be used only as a preliminary assessment before performing the analysis outlined in Table 4.

10.4 Composite insulators

In addition to visual examination for hardware damage, composite insulators shall be examined for damage to the insulating element. Damage to the insulating element can include the following:

- surface changes such as discoloration, erosion or arc plasma deposits;
- splitting or puncture of individual sheds;
- major housing damage which allows exposure of the fibreglass rod, loss of seal at end fittings or joints, or exudation of sealing grease, where used.

10.5 Acceptance criteria

The acceptance criteria is that the insulator set or string shall be operationally safe after the conclusion of the test series. The operational safety conditions shall be verified both for the mechanical and electrical behaviour, in accordance with the criteria defined in Table 4 below.

Special care shall be taken in judging the test results.

Table 4 – Test assessment criteria

Criteria or test to be performed	Assessment criteria	
	Insulator sets	Short strings
Insulator separation during the test	Not permitted	Not permitted
Burning, breaking of sheds or ribs, glaze removal, melting of galvanized surfaces	Permitted ^a	Permitted
Exposure of the fibreglass core (composite insulators only)	Not permitted	Not permitted
Dry power frequency flashover to check for puncture (class B only)	All units shall be tested and external flashover shall occur	All units shall be tested and external flashover shall occur
Mechanical failing load test	The failing load on all selected units shall be at least 70 % of SFL or SML ^{b, c}	The failing load on all selected units shall be at least 70 % of SFL or SML ^c
Tests on fittings and conductors	In accordance with the relevant IEC standards or by agreement	N/A
<p>^a If more than one-third of the units or of the length of an insulator set exhibits severe damage which could affect electrical performance (shed breakage, severe burning, conductive deposits, etc.), it may be necessary to carry out additional electrical tests to verify the withstand characteristics of the set.</p> <p>^b For cap and pin insulator sets, the units to be tested shall be the first three units from the line side, the first three units from the earth side and the three central units from the ignited branch plus any other severely damaged units. For long rod and composite sets, all the insulator units shall be tested.</p> <p>^c The value of 70 % is given to ensure compatibility with the requirements of IEC 60826 for insulators. Alternatively, following agreement between the customer and the supplier, the acceptance criteria of IEC 60797 may be applied.</p>		

Annex A (normative)

Examples of test arrangements and practical methods of tower simulation (return circuit)

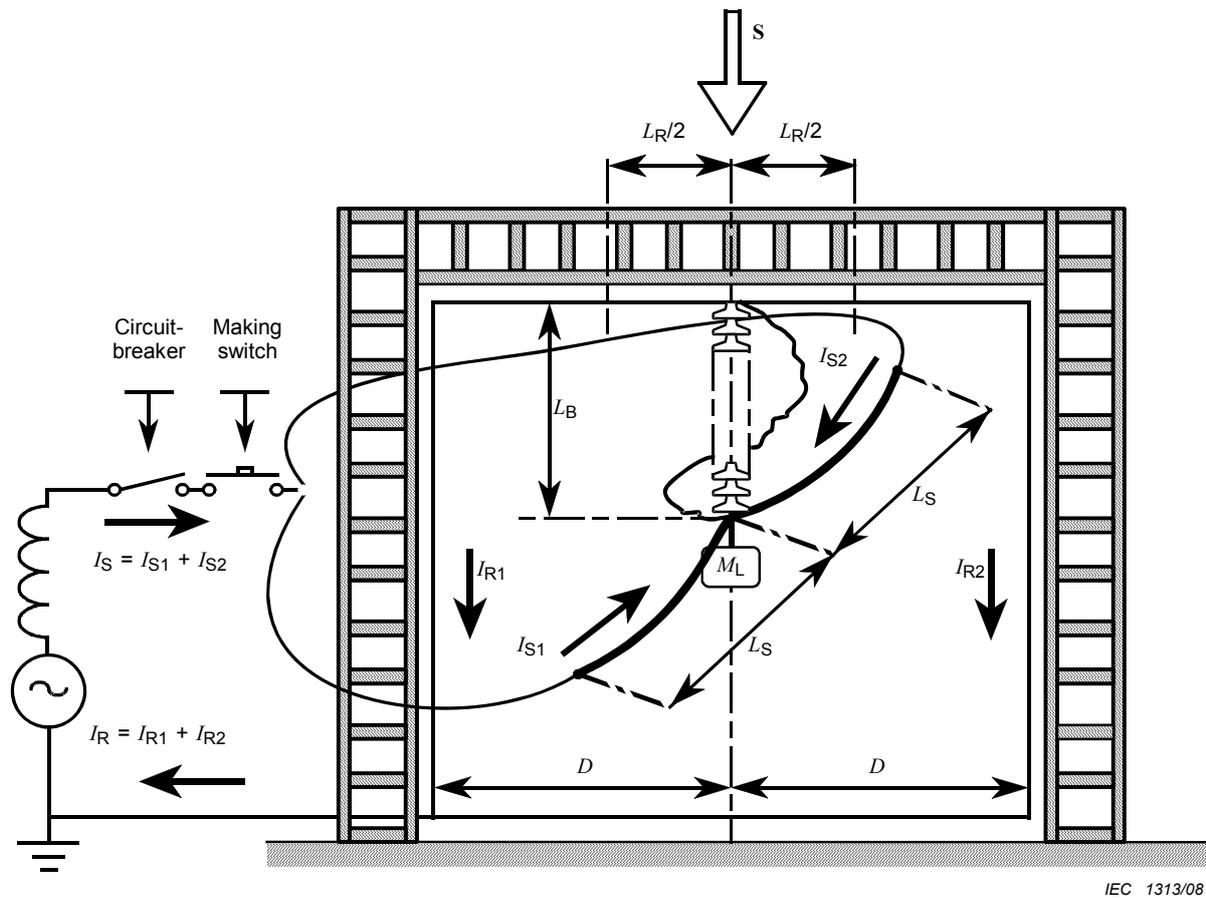
In the return circuit, the current can flow either in the metallic structure simulating the tower or alternatively in conductor(s) placed within the structure itself. In the latter case, the conductor may be fixed parallel to the steel structure without insulation, but by agreement the conductor may be fixed parallel and insulated from the structure (see Figure A.2).

In both cases, the simulation of the configuration of the parts of the tower facing the insulator set shall be constructed of a suitable framework of dimensions not less than the length of the insulator set, with a minimum length of 2,5 m (see L_R in Figures A.1, A.2 and A.3).

In the case of long insulator sets, a length L_R of 6 m is sufficient (see Figures A.1, A.2 and A.3).

For tests on insulators sets intended for networks with U_m of 90 kV or less, the conductor lengths L_S may be reduced to 1,25 m.

When the tower configuration is unknown, a realistic value for the dimensions of the tower simulation shall be agreed. The reason for the simulation of the tower near to the earthed end of the insulator set is to permit the arc root to transfer onto the structure.

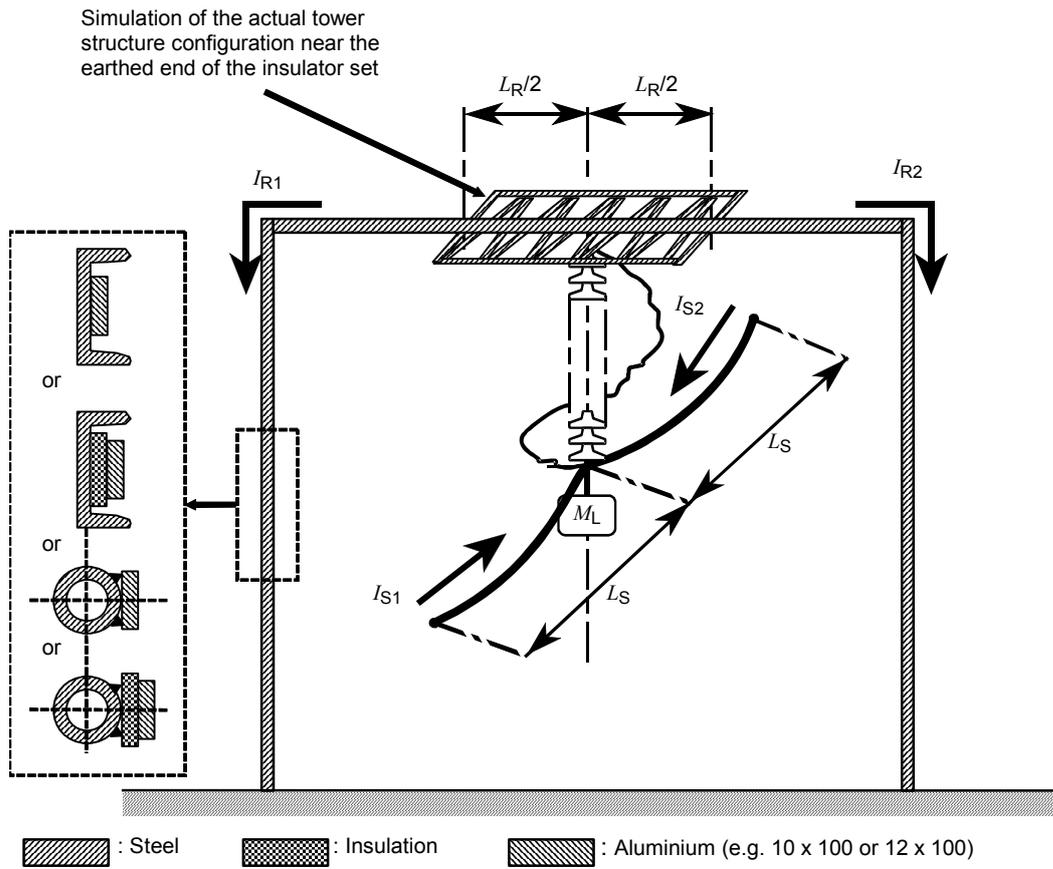
**Key**

$$L_R \geq L_B \text{ and } L_R \geq 2,5 \text{ m}$$

$$L_S \geq L_B \text{ and } L_S \geq 2,5 \text{ m}$$

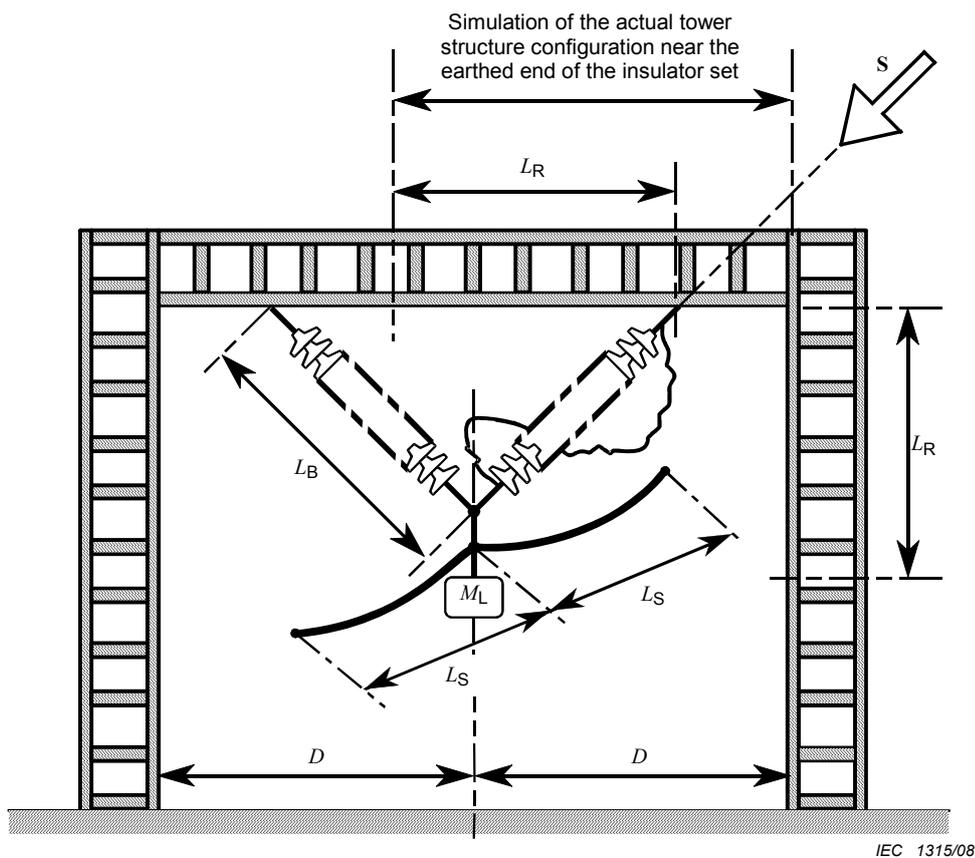
For long insulator sets ($L_B \geq 6 \text{ m}$) D , L_R and $L_S \geq 6 \text{ m}$.

Figure A.1 – Test arrangement of vertical insulator set



IEC 1314/08

Figure A.2 – Test arrangement of vertical insulator set using simplified tower steel structure



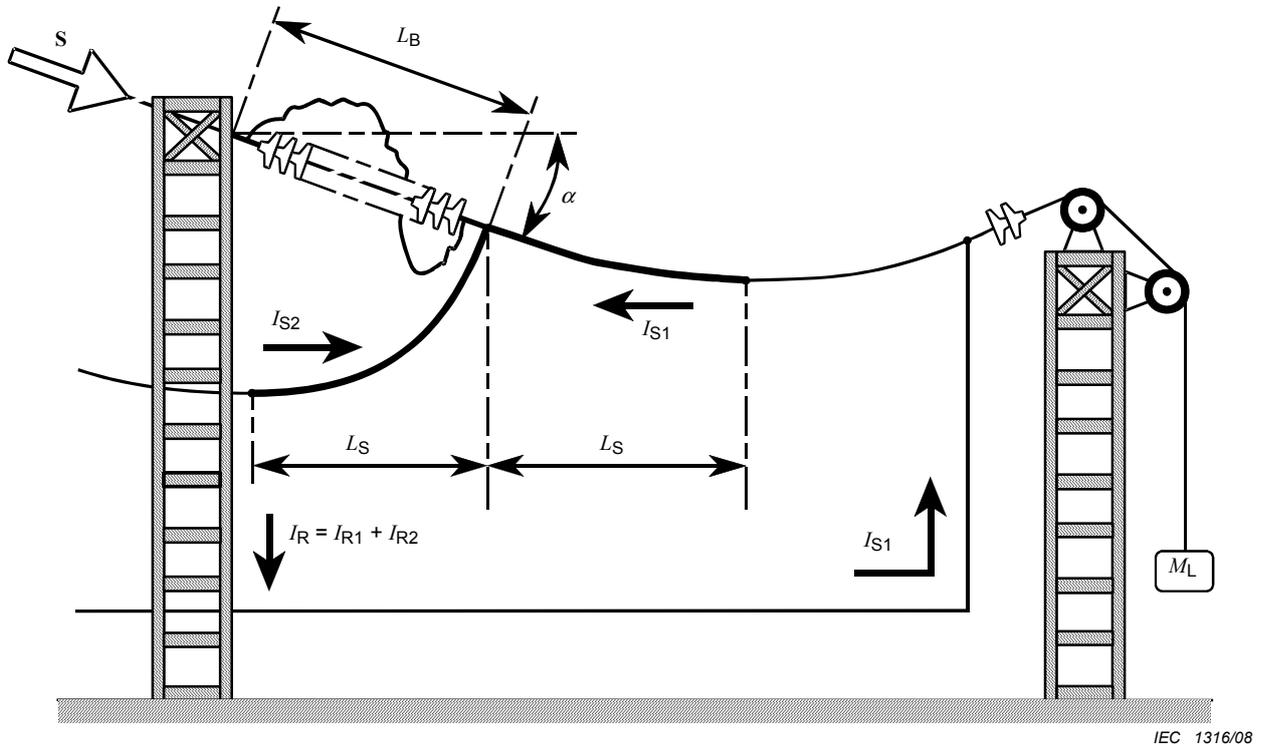
Key

$L_R \geq L_B$ and $L_R \geq 2,5$ m

$L_S \geq L_B$ and $L_S \geq 2,5$ m

For long insulator sets ($L_B \geq 6$ m) D , L_R and $L_S \geq 6$ m.

Figure A.3 – Test arrangement of Vee insulator set located in the centre of the tower (for the simplified tower steel structure and return circuit, see Figures A.1 and A.2)



Key

$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$

$L_S \geq L_B$ and $L_S \geq 2,5$ m

For long insulator sets ($L_B \geq 6$ m) D , L_R and $L_S \geq 6$ m.

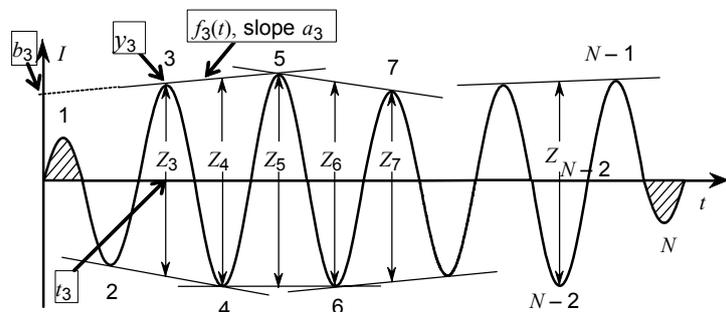
Figure A.4 – Test arrangement of horizontal insulator (for the simplified tower steel structure and return circuit, see Figures A.1 and A.2)

Annex B (normative)

Determination of the r.m.s. value of the current

B.1 Determination of the r.m.s. value of the a.c. component of the current over the actual duration of the test

To avoid a possible effect of current and/or frequency flowing, the r.m.s. value is therefore obtained from a non-weighted average of r.m.s. values (three-crest method). Each r.m.s. value is obtained by a sliding of one crest to the previous one. To prevent border effects, the first, and if possible the last loop (which could be reduced by protective master breakers) shall be omitted.



IEC 1317/08

The r.m.s. value is given for a signal with N crests $[1..N]$ by the following expression:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \sum_{i=3}^{N-2} (X_i) \quad \text{or} \quad I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (Z_i)$$

where

X_i is the r.m.s. value of the arc current at crest number i ;

Z_i is the peak-to-peak value of the arc current at crest number i .

In the analytical form, the r.m.s. value is given for a signal with N crests $[1..N]$ by the following expression:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (a_i \times t_i + b_i - y_i)$$

where (see three-crest method in Clause B.2 and example points for $i = 3$ in the figure above):

t_i is the instant (time abscissa) of crest number i ;

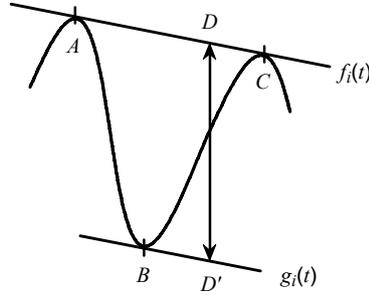
y_i is the peak value of crest number i ;

a_i is the slope of the straight line $f_i(t)$;

b_i is the origin of the straight line $f_i(t)$ at $t = 0$.

B.2 Three-crest method

The method evaluates the r.m.s. value of the a.c. component of a signal from three consecutive crests $A(t_{i-1}; y_{i-1})$, $B(t_i; y_i)$, $C(t_{i+1}; y_{i+1})$:



IEC 1318/08

The r.m.s. value is measured as $\frac{[DD']}{\sqrt{8}}$,

$f_i(t)$ being a straight line between A and C :

$$f_i(t) = a_i t + b_i$$

where

$$a_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1});$$

$$b_i = y_{i+1} - a_i t_{i+1} \text{ or } b_i = y_{i-1} - a_i t_{i-1}$$

$g_i(t)$ being a straight line parallel to $f_i(t)$.

Annex C (informative)

No-load voltage of the power source

The no-load voltage of the power source should be high enough to provide for keeping the specified tolerances on the arc current and for the re-ignition of the arc at current zero. This requirement is under the proviso that the arc does not move too far away from its original roots, in particular not too far out onto the conductor. In all cases, the no-load voltage of the power source should not exceed the withstand voltage of the set.

The following no-load voltages of the power source are given for guidance (L_B is expressed in metres):

- 7 kV to 10 kV in the case of insulator sets for system voltages $U < 72,5$ kV;
- $L_B \times 7$ kV in the case of insulator sets for system voltages $72,5 \leq U < 245$ kV;
- $L_B \times (5 \text{ kV to } 6 \text{ kV})$ in the case of insulator sets for system voltages $U \geq 245$ kV.

Annex D (informative)

Power arcs on insulator sets and their true simulation by appropriate positioning of fusible wires

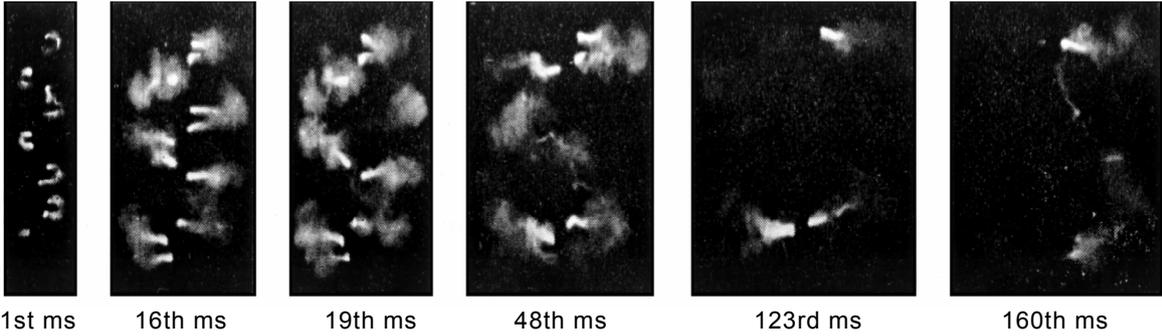
Flashover on a contaminated insulator string at rated voltage or caused by switching over-voltage occurs along the surface of the insulator. At the moment of flashover the arc consists of different sections. The arc sections or partial arcs lead from metal parts to other metal parts (in the case of cap and pin insulator strings, from caps to pins) and they are positioned in different planes situated at random from each other. When neighbouring partial arcs are positioned in planes far from each other ($\approx 180^\circ$) intermediate arc roots can exist for a long time. The simulation of contaminated flashover, resulting in intermediate arc roots and causing higher stress of the insulator string than lightning bridging alone, is used for power arc tests. The described phenomenon, i.e. the partial arcs in the first milliseconds and the intermediate arc roots (forming changeover points) are shown in Figure D.1. For the power arc test, these changeover points shall be forced by appropriate positioning of the fusible wires.

The movement of power arcs developing on high-voltage insulator strings and the stresses imposed on the insulators by the power arcs are determined by three effects:

- a) The first effect is the immobility of arc sections adjacent to the arc roots. Intense plasma mass flows are emitted from the roots. Since the arc roots are immobile, the arcs are fixed to the latter. The arc section in the vicinity of the arc root follows the direction of the highly conductive plasma flow. The plasma flow is practically not influenced by electrodynamic force, wind and thermal buoyancy.
- b) Arc sections some distance away from the arc roots (lying outside the action of effect a) are affected by electrodynamic force, wind and thermal buoyancy, frequently causing these sections to move.
- c) Points of arc sections moving under effect b) may come so close to each other or certain metal parts that a new arc channel is produced by breakdown brought about by potential difference between such arc points, usually causing the original path to extinguish. In this way, abrupt changes in arc positions occur: original arc roots disappear or are relegated to other positions and new arc roots develop. In the case of heavier currents, the ionisation is more intense and will result in a higher probability of breakdown.

The high-speed camera pictures in Figure D.1 show a 5 kA power arc test on a contaminated 145 kV cap and pin insulator string consisting of 7 units. The partial arcs situated at random in the first milliseconds and the long existence of intermediate arc roots (changeover points) can be observed. In the case of long rod and composite insulator units, at the moment of flashover, the partial arc on one unit generally burns not in one line, and changeover points exist only at the ends of the units.

The experience of a great number of contaminated flashovers and power arc tests initiated by fusible wires performed in laboratories leads to the proposed positioning of fusible wires as shown in Figure 2. The arc initiation is suitable to force the position of these changeover points, resulting in a realistic simulation of stress distribution along the tested insulator set.



IEC 1319/08

Figure D.1 – 5 kA power arc test of a 145 kV string consisting of 7 cap and pin units

Annex E (informative)

Wind velocity during power arc tests

The simulation of flashover on contaminated insulator strings resulting in the highest stress is used for power arc tests in this standard.

In the case of lower fault current and balanced circuit conditions (see Clause 6 and Annex F) the electrodynamic forces do not force the arc to move, thus the arc sections some distance away from the arc roots are influenced by the wind. They move practically together with the wind.

In the case of contaminated flashover, the weather normally is foggy, hence the air motion is generally negligible (<5 m/s) and this condition should also be guaranteed for power arc tests. To enable efficient comparison of lower current power arc tests (<10 kA), a maximum wind speed of 5 m/s is allowed.

Annex F (informative)

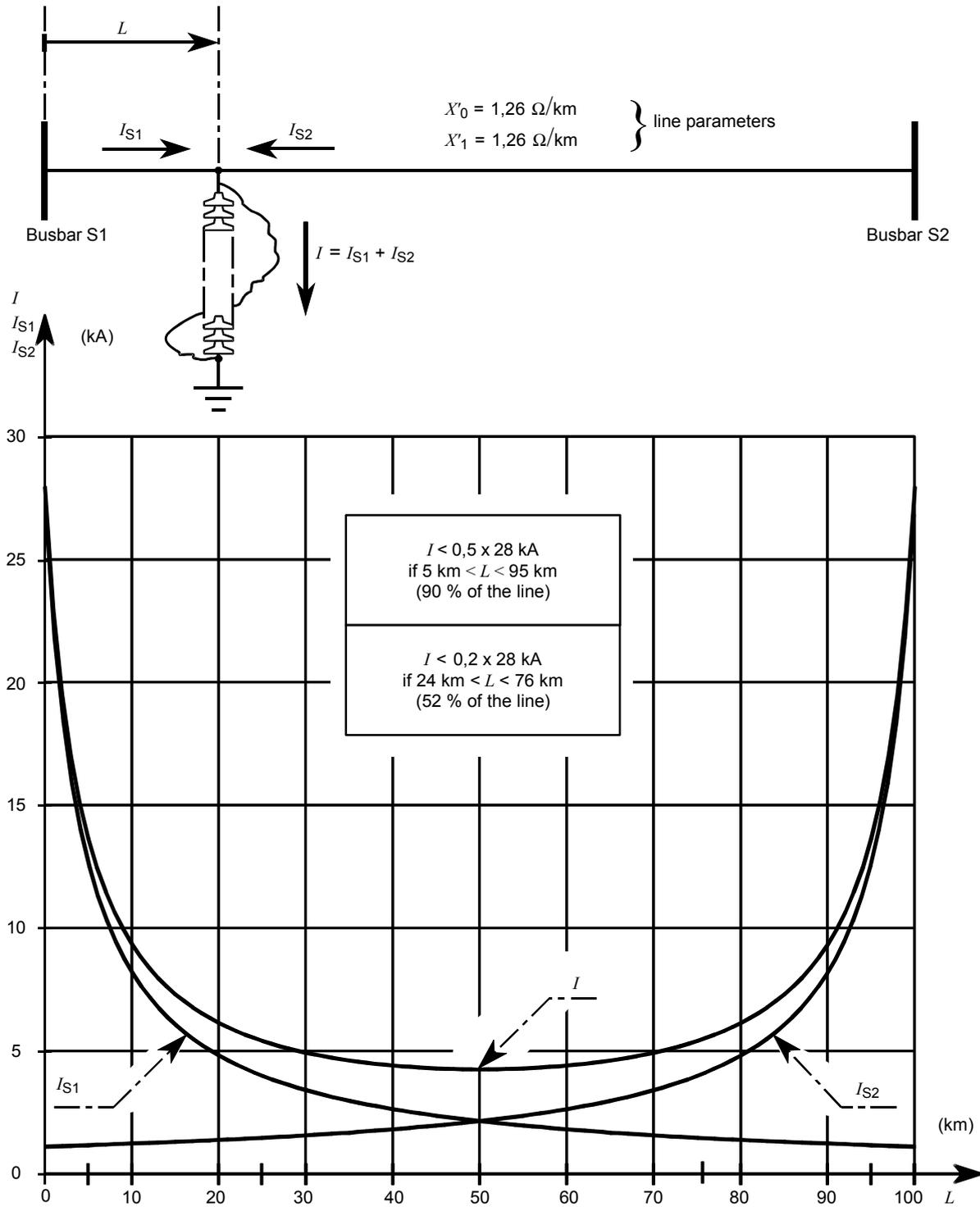
Variation of the fault current magnitude and reasons for the choice of the prescribed test parameters

The fault current level changes depending on the position of the fault along the transmission line. Near to the high power busbar (extremity of the line), the short-circuit current is high and the supply circuit is unbalanced. In the middle of a line, the fault current is of lower value and the supply circuit is practically balanced.

The lower current arc remaining near to the insulator string in a balanced circuit can cause higher damage than a higher current arc moved by the high electrodynamic force in an unbalanced circuit. Consequently, the test series have to be performed at different currents and with appropriate test circuits.

The distribution of the arc current and its supply circuit components along a 100 km long, 145 kV line connecting busbars of 28 kA short-circuit current are shown in Figure F.1. It can be seen that the lower arc current and balanced supply circuit are characteristic of the line.

The short-circuit currents of $0,2 I_{\text{sys}}$, $0,5 I_{\text{sys}}$ and I_{sys} of the prescribed test sequences meet the characteristic fault current levels along the transmission line. The three tests in one test sequence are in accordance with the rated operating sequence of the line circuit-breakers. The durations suit the usual timing of the circuit-breakers. The third longer arc duration is in accordance with the timing of the backup protection.



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY. SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure F.1 – Distribution of arc current (I) and its supply circuit components (I_{S1} , I_{S2}) along a 100 km long, 145 kV line connecting busbars of 28 kA short-circuit current

Annex G (informative)

Recommendations for the test report

G.1 Introductory remark

As indicated in Clause 9, the information to be included in the test documentation shall appear in the following sequence:

- 1) an appropriate front sheet;
- 2) complete details of ratings assigned by the applicant for the tests;
- 3) a list of the tests performed and if appropriate, a list of persons witnessing the tests, and the circulation of the test documentation.

The remainder of the test document can be arranged to suit the convenience of the testing laboratory, but the preferable format of the report is given hereafter. Annex H shows an example of a test report.

a) Test conditions

A description of the test conditions, together with a diagram of the test circuit shall be given. A drawing and/or a photograph of the arrangement for the test sequences, including the positioning of the testing laboratory conductors, shall be included.

b) Record of tests

The records of all the tests shall be grouped together and not be intermingled with photographs and copies of oscillograms. The record of tests shall be followed, but not necessarily in the order given, by:

- i) oscillograms (all records appropriate to the same test and/or test sequence may be grouped together) or other representations of oscillographic records;
- ii) photographs;
- iii) drawings.

NOTE With the introduction of computer techniques in the field of data acquisition and handling in testing laboratories, it is possible to obtain graphic representation of quantities by other means than traditional oscillographs.

G.2 General information (front sheet)

- a) Reference or report number
- b) Date and place of tests
- c) Oscillogram numbers
- d) Photograph numbers
- e) Number of films (if any)
- f) Summary of the document

An example is given on page 1 of Annex H.

G.3 Equipment under test (rating page)

- a) Identification
- b) Test object
- c) Type
- d) Manufacturer
- e) Year of manufacture
- f) Drawing numbers

Information under b) to e) shall be given for the whole test object as well as for each component (insulators and fittings) if issued from different manufacturers.

G.4 Ratings assigned by the applicant

- a) Rated voltage
- b) Rated short-circuit current (I_{sys}) of the system
- c) Rated frequency
- d) Specified mechanical load
- e) If necessary other characteristic values specified by relevant IEC publications

An example is given on page 2 of Annex H.

G.5 List of tests performed (page 3)

- a) Reference number of each test
- b) Test series
- c) Test circuit
- d) Test sequence
- e) Date of test
- f) Page(s) of results
- g) Additional information (e.g. list of persons witnessing the tests, circulation of the test documents, etc.)

An example is given on page 3 of Annex H.

G.6 Preliminary information

- a) Reference documents (e.g. standards, special requirements, identification files, etc.)
- b) Brief description of the equipment under test (e.g. number of insulators, type of conductor, etc.)

G.7 Test conditions

G.7.1 Power source

Brief description and/or schematic diagram of the power source and of the measurement points.

G.7.2 Test values

- a) No-load voltage of the power source
- b) Frequency of the power source
- c) Specified current and time values for the tests determined from the rated short-circuit current of the system (I_{sys}) and the indications of Clause 10
- d) Atmospheric conditions at the height and in the vicinity of the set (e.g. wind speed and direction, atmospheric pressure, rain, humidity, temperature, etc.)

G.7.3 Test arrangement

- a) Brief description of the test facility given in compliance with relevant clauses of this standard (e.g. conductor length, balanced or unbalanced conditions, dimension of the used tower, number and location of conductor bundle spacers, etc.).
- b) Value of the mechanical load applied to the equipment under test.
- c) Characteristics of the fusible wire used to initiate the arc and the manner and position of attachment of the fusible wire to the insulator set.

G.8 Test results

For each test:

- a) The value of the r.m.s. of the a.c. component of the current over the actual duration of the test (see Annex B).
- b) Peak current value (first major loop).
- c) Duration of the test.
- d) $I \times t$ value
- e) Observations made during and after the test.

For the complete test sequence:

- i) Time interval between the tests
- ii) Results of the visual examination in compliance with 10.2. .

All cases in which the requirements of this standard are not strictly complied with and all deviations should be explicitly mentioned.

G.9 Oscillographic and other records

Oscillograms or equivalent shall be made of all tests and included in the test document. The following quantities should be recorded for the whole duration of the test:

- a) current(s);
- b) arc voltage.

NOTE With the introduction of computer techniques in the field of data acquisition and handling in testing laboratories, it is possible to obtain graphic representation of quantities by means other than traditional oscillographs.

G.10 Photographs and cinematography

Photographs should be taken to illustrate the general testing arrangement for the different test sequences and to show the condition of the equipment after each test sequence. Photographs of the condition of the equipment before and after each test may be helpful to illustrate and/or complete the observations.

High-speed cinematography of the tests may be used to complete the observations made during the tests.

EQUIPMENT UNDER TEST

Sample of a power arc test report: Page 2

IDENTIFICATION

- Test object(s) :
- Type(s) :
- Manufacturer(s) :
- Year of manufacture :
- Drawing number(s) :

ASSIGNED RATINGS

- Rated voltage : kV
- Rated short-circuit current (I_{sys}) : kA
- Rated frequency : Hz
- Specified mechanical load : kN

LIST OF TESTS PERFORMED*Sample of a power arc test report: Page 3*

Test number	Test series	Test circuit	Test sequence	Date	Page
1 2 3	X	A	$I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 0,2 s$ $I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 0,2 s$ $I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 1 s$	dd/mm/yy	N° p

The tests were witnessed by :

- applicants representative(s) :
- manufacturers representative(s) :
- test engineer(s) :

Circulation:

Bibliography

IEC 60050(471), *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*

IEC 60383-1, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

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



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	44
1 Domaine d'application et objet.....	46
2 Références normatives.....	46
3 Termes et définitions.....	47
4 Symboles et abréviations.....	48
5 Caractéristiques du courant d'essai.....	48
6 Principes des circuits d'alimentation et de retour.....	49
7 Essais effectués sur des chaînes d'isolateurs équipées.....	51
7.1 Remarques générales.....	51
7.2 Montage d'essai.....	51
7.3 Courant d'essai.....	51
7.4 Principes des circuits d'alimentation et de retour.....	52
7.5 Initiation de l'arc.....	52
7.6 Conditions ambiantes.....	54
7.7 Séries d'essais et caractéristiques des arcs de puissance.....	54
8 Essais effectués sur des chaînes courtes.....	55
8.1 Remarques générales.....	55
8.2 Montage d'essai.....	55
8.3 Courant d'essai.....	55
8.4 Principes des circuits d'alimentation et de retour.....	55
8.5 Initiation de l'arc.....	55
8.6 Conditions ambiantes.....	56
8.7 Série d'essais et caractéristiques des arcs de puissance.....	56
9 Rapport d'essai.....	58
10 Evaluation des résultats.....	58
10.1 Remarques générales.....	58
10.2 Examen visuel.....	58
10.3 Isolateurs en porcelaine ou en verre.....	58
10.4 Isolateurs composites.....	59
10.5 Critères d'acceptation.....	59
Annexe A (normative) Exemples de montages d'essai et méthodes pratiques de simulation de pylône (circuit de retour).....	61
Annexe B (normative) Détermination de la valeur efficace du courant.....	66
Annexe C (informative) Tension à vide de la source de puissance.....	68
Annexe D (informative) Arcs de puissance sur des chaînes d'isolateurs équipées et leur simulation exacte par un positionnement approprié des fils fusibles.....	69
Annexe E (informative) Vitesse du vent pendant les essais d'arc de puissance.....	71
Annexe F (informative) Variation de l'amplitude du courant de défaut et raisons du choix des paramètres d'essai indiqués.....	72
Annexe G (informative) Recommandations pour le rapport d'essai.....	74
Annexe H (informative) Exemple de rapport d'essai d'arc de puissance.....	78
Bibliographie.....	81
Figure 1 – Illustration des courants d'alimentation et de retour.....	50
Figure 2 – Initiation de l'arc.....	53

Figure 3 – Dispositif de montage des chaînes courtes	57
Figure A.1 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale.....	62
Figure A.2 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale utilisant une structure de pylône en acier simplifiée	63
Figure A.3 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée en V située au centre du pylône (pour la structure simplifiée de pylône en acier et le circuit de retour, voir les Figures A.1 et A.2).....	64
Figure A.4 – Montage d'essai d'un isolateur horizontal (pour la structure simplifiée de pylône en acier et le circuit de retour, voir les Figures A.1 et A.2).....	65
Figure D.1 – Essai d'arc de puissance à 5 kA d'une chaîne 145 kV constituée de 7 éléments capot et tige.....	70
Figure F.1 – Distribution du courant d'arc (I) et de ses composantes du circuit d'alimentation (I_{S1} , I_{S2}), le long d'une ligne 145 kV de 100 km de longueur reliant des jeux de barres de 28 kA de courant de court-circuit	73
Tableau 1 – Conditions d'alimentation et de retour.....	49
Tableau 2 – Séries d'essais pour les chaînes d'isolateurs équipées.....	54
Tableau 3 – Série d'essais pour les chaînes d'isolateurs courtes	56
Tableau 4 – Critères d'évaluation d'essai.....	60

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES –
CHAÎNES D'ISOLATEURS ET CHAÎNES D'ISOLATEURS ÉQUIPÉES
POUR LIGNES DE TENSION NOMINALE SUPÉRIEURE À 1 000 V –
ESSAIS D'ARC DE PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF**

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61467 a été établie par le sous-comité 36B: Isolateurs pour lignes aériennes, du comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Cette première édition annule et remplace la CEI/TR 61467 publiée sous la forme d'un rapport technique en 1997, dont elle constitue une révision technique. Le présent document a désormais le statut de Norme internationale.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
36B/277/FDIS	36B/280/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

ISOLATEURS POUR LIGNES AÉRIENNES – CHAÎNES D'ISOLATEURS ET CHAÎNES D'ISOLATEURS ÉQUIPÉES POUR LIGNES DE TENSION NOMINALE SUPÉRIEURE À 1 000 V – ESSAIS D'ARC DE PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

1 Domaine d'application et objet

Cette Norme internationale s'applique aux chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées, comprenant des éléments de chaîne d'isolateurs en matière céramique, en verre ou en matière composite destinées aux lignes aériennes et aux lignes de traction fonctionnant en courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V et de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Cette norme s'applique également aux chaînes d'isolateurs ou aux chaînes d'isolateurs équipées de conception similaire utilisées dans les postes.

Cette norme établit une procédure d'essai normalisée pour les essais d'arc de puissance sur les chaînes d'isolateurs équipées. Elle établit également une procédure d'essai normalisée pour les essais d'arc de puissance sur les chaînes courtes.

Cette norme ne s'applique pas aux chaînes d'isolateurs équipées montées sur des poteaux ou des pylônes non métalliques.

Cette norme ne peut être appliquée directement aux isolateurs ou chaînes d'isolateurs rigides à socle, ou aux structures isolantes telles que les pylônes haubanés, dans la mesure où leur configuration d'installation ne peut pas être reproduite par les configurations normalisées décrites dans le présent document. Cette norme peut toutefois être utilisée comme base d'accord de réalisation d'essais effectués sur ce type d'isolateurs et de configurations.

Cette norme a pour objet

- de définir les termes utilisés,
- de prescrire une procédure d'essai normalisée,
- de prescrire des critères pour évaluer les résultats des essais.

Les essais d'arc de puissance ne constituent pas un élément obligatoire dans les spécifications d'isolateurs de ligne. Les procédures d'essai normalisées et les critères d'évaluation décrits dans cette norme sont destinés à fournir un guide d'essai lorsque les essais d'arc de puissance sont jugés nécessaires. Cette norme n'a pas pour but d'introduire une obligation générale d'effectuer ces essais.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60797, *Résistance résiduelle des éléments de chaîne d'isolateurs en verre ou en matière céramique pour lignes aériennes après détérioration mécanique du diélectrique*

CEI 60826, *Critères de conception des lignes aériennes de transport*

3 Termes et définitions

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

NOTE Les définitions des autres termes utilisés dans cette norme peuvent être trouvées dans la CEI 60050-471, la CEI 60383-1 et la CEI 60383-2.

3.1

essai

application du courant d'essai spécifié pendant la durée spécifiée sur la chaîne d'isolateurs ou la chaîne d'isolateurs équipée

3.2

séquence d'essais

trois essais successifs sur la même chaîne d'isolateurs ou chaîne d'isolateurs équipée

3.3

série d'essais

ensemble de séquences d'essais utilisé pour caractériser la tenue à l'arc de puissance d'une chaîne d'isolateurs ou chaîne d'isolateurs équipée

3.4

pourcentage d'asymétrie initiale du courant

écart du courant pendant la première période d'un arc de puissance par rapport à une sinusoïde symétrique

NOTE Le pourcentage d'asymétrie initiale est exprimé en fonction de la valeur absolue de la crête du courant de la première période (I_m) divisée par la valeur efficace du courant (I) comme suit:

$$\left(\frac{|I_m|}{I \times \sqrt{2}} - 1 \right) \times 100$$

3.5

circuit d'alimentation

connexion électrique à travers laquelle circule le courant de l'arc de puissance à partir de la source de puissance vers le côté ligne de l'objet soumis à l'essai

3.6

circuit de retour

connexion électrique à travers laquelle circule le courant de l'arc de puissance à partir du côté terre de l'objet soumis à l'essai vers la source de puissance

3.7

circuit équilibré

circuit d'alimentation ou de retour dans lequel la circulation de courant se fait dans deux directions diamétralement opposées

3.8

circuit déséquilibré

circuit d'alimentation ou de retour dans lequel la circulation de courant se fait principalement dans une direction

3.9

chaîne courte (isolateurs à capot et à tige)

chaîne comprenant de trois à six isolateurs dont la distance minimale de l'arc est de 400 mm

3.10

chaîne courte (isolateurs composites et à fût long)

chaîne constituée d'un ou de plusieurs isolateurs dont la distance minimale de l'arc est comprise entre 400 mm et 1 000 mm

4 Symboles et abréviations

Les symboles et abréviations suivants sont principalement utilisés dans les tableaux et les figures ci-après.

Sauf indication contraire, les courants et les tensions sont exprimés en valeurs efficaces.

I	Courant d'arc
I_n	Courant d'arc spécifié
t	Durée de l'arc
t_n	Durée de l'arc spécifiée
I_m	Valeur de crête du courant
$I_{R1,2}$	Courants dans le circuit de retour
$I_{S1,2}$	Courants dans le circuit d'alimentation
I_{sys}	Courant de court-circuit assigné du système de réseaux
L_A	Longueur de la chaîne d'isolateurs
L_B	Longueur de la chaîne d'isolateurs équipée
L_R	Longueur de la simulation du circuit de retour
L_S	Longueur de la simulation du circuit d'alimentation
D	Distance entre le point central de la chaîne d'isolateurs équipée soumise à l'essai par rapport à la structure avoisinante
M_L	Charge mécanique appliquée à la chaîne d'isolateurs équipée soumise à l'essai
α	Angle par rapport au plan horizontal d'une chaîne d'ancrage équipée
SFL	Charge minimale de rupture (électro-)mécanique spécifiée (<i>Specified minimum (electro-) mechanical failing load</i>)
SML	Charge mécanique spécifiée (<i>Specified mechanical load</i>)

5 Caractéristiques du courant d'essai

Les essais doivent être effectués avec un courant alternatif monophasé. L'asymétrie initiale (composante continue) ne doit pas être supérieure à 30 %.

NOTE Cette exigence est expliquée par le fait que les contournements d'un isolateur en service dus à la pollution ont lieu généralement au voisinage d'une crête de la tension, et donc avec une composante de courant continu minimale.

Pour des réseaux à 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence du circuit d'essai doit être comprise entre 45 Hz et 65 Hz. Pour des réseaux à d'autres fréquences, la fréquence de la source d'essai ne doit pas en principe s'écarter de la valeur spécifiée de plus de 10 %. Avec l'accord de l'utilisateur, les essais peuvent être effectués à une fréquence supérieure ou inférieure à la fréquence d'utilisation prévue. Les fréquences peuvent varier dans les limites ci-dessus pendant chaque essai.

Le circuit d'essai doit être en mesure de fournir les valeurs spécifiées de courant d'arc (valeurs efficaces) et de durée d'arc. L'Annexe C donne des indications sur les tensions à vide suggérées pour obtenir les valeurs de courant spécifiées. Sauf accord contraire, la tolérance autorisée du courant d'arc par rapport à la valeur de courant efficace spécifiée est de ± 10 %.

Le courant d'arc réel pendant l'essai doit être pratiquement sinusoïdal. La valeur efficace du courant d'essai peut être déduite de la moyenne arithmétique des valeurs de crête du courant sur la durée totale de l'essai (voir Annexe B). Si le système de mesure le permet, la valeur efficace peut être calculée à partir de la fonction du courant.

Le courant d'essai doit être essentiellement constant pendant la durée d'arc, durée au cours de laquelle les écarts suivants par rapport à la valeur spécifiée sont autorisés:

- les valeurs des crêtes du courant d'arc ne doivent pas s'écarter de la valeur spécifiée ($I_n\sqrt{2}$) de plus de ± 20 %;
- pour des durées d'arc supérieures à 0,2 s, la tolérance ci-dessus peut être dépassée pendant un temps n'excédant pas 20 % de la durée totale de l'arc.

Dans tous les cas, le produit du courant d'arc réel par sa durée réelle, $I \times t$, doit être égal au produit du courant d'arc spécifié par sa durée $I_n \times t_n$, à ± 10 % près.

Dans le cas où il se produit un déplacement des pieds d'arc sur le pylône ou le long du conducteur de ligne, ces tolérances peuvent être dépassées.

6 Principes des circuits d'alimentation et de retour

Les circuits d'alimentation et de retour dépendent des conditions de service, notamment de la position de la chaîne d'isolateurs équipée sur la ligne et de la géométrie du pylône. Les cas caractéristiques à simuler lors des essais sont donnés dans le Tableau 1 et illustrés à la Figure 1 pour les isolateurs complets et à la Figure 3 pour les chaînes courtes.

Tableau 1 – Conditions d'alimentation et de retour

	Circuit d'alimentation équilibré	Circuit d'alimentation déséquilibré
Circuit de retour équilibré	<p>Circuit A</p> $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ <p>Par exemple: Chaîne d'isolateurs équipée située dans la fenêtre de phase centrale d'un pylône placé au milieu d'une ligne</p>	<p>Circuit B</p> $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} = 0$ <p>Par exemple: Chaîne d'isolateurs équipée située dans la fenêtre de phase centrale d'un pylône placé à l'extrémité d'une ligne</p>
Circuit de retour déséquilibré	<p>Circuit C</p> $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n/2$ $I_{S2} = I_n/2$ <p>Par exemple: Chaîne d'isolateurs équipée située sur une phase externe de la console d'un pylône placé au milieu d'une ligne</p>	<p>Circuit D</p> $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{S1} = I_n$ $I_{S2} =$ <p>Par exemple: Chaîne d'isolateurs équipée située sur une phase externe de la console d'un pylône placé à l'extrémité d'une ligne</p>

L'écart admissible des courants I_{R1} et I_{R2} , I_{S1} et I_{S2} par rapport à leurs valeurs spécifiées ne doit pas excéder ± 20 %. Ceci peut être vérifié par un essai de réglage de circuit.

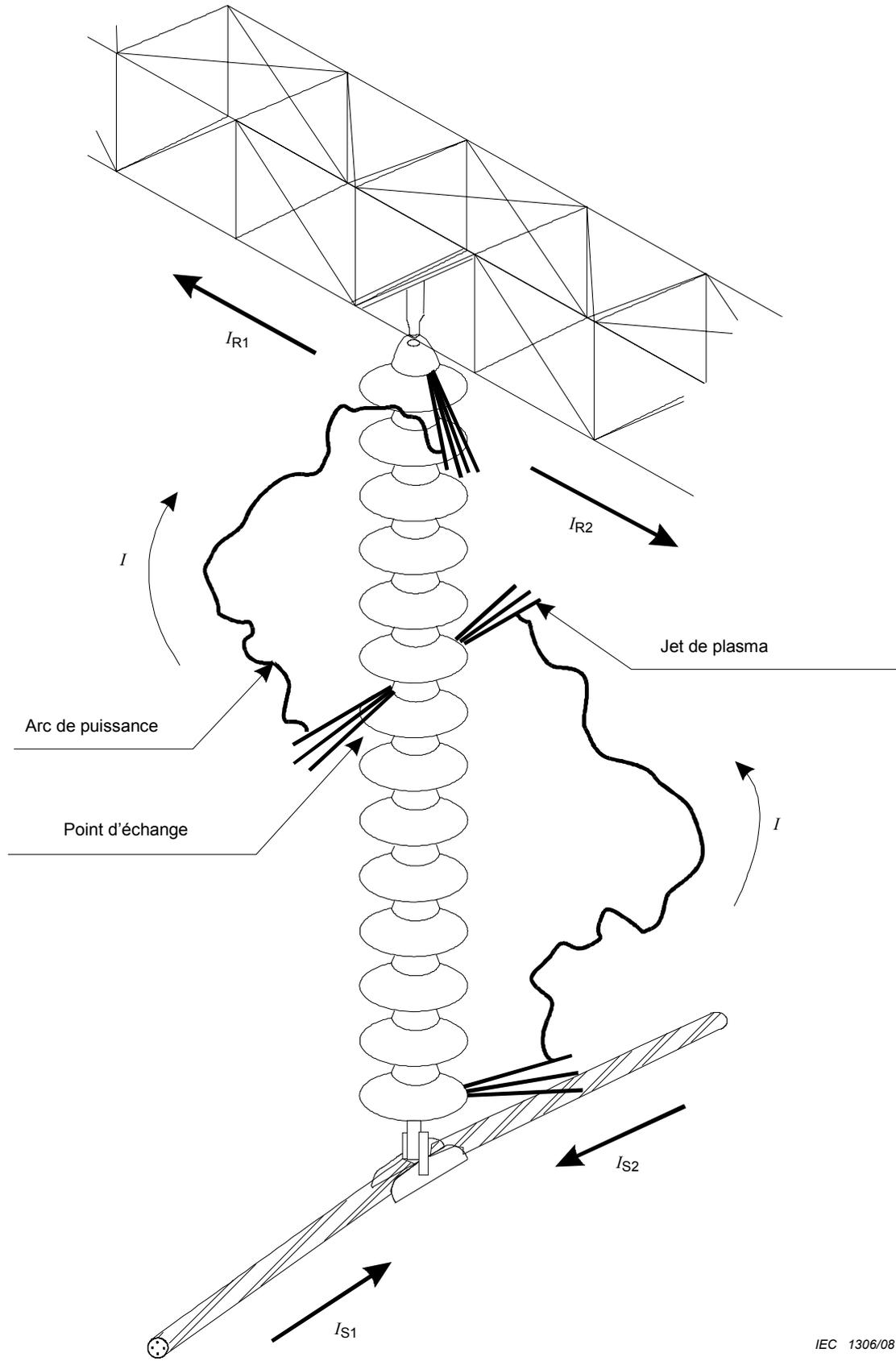


Figure 1 – Illustration des courants d'alimentation et de retour

IEC 1306/08

7 Essais effectués sur des chaînes d'isolateurs équipées

7.1 Remarques générales

La procédure d'essai applicable aux chaînes d'isolateurs équipées, décrite dans cette norme, consiste en deux séries potentielles de trois applications (séquences) d'arc de puissance à des niveaux de courant différents et de durée différente. Cette procédure d'essai est destinée à couvrir des conditions de courant de défaut se produisant en des points représentatifs le long d'une ligne. La procédure d'essai est également destinée à reproduire un arc de puissance dû à un contournement par pollution, ce qui crée les conditions les plus sévères.

Dans la mesure où la procédure d'essai applicable aux chaînes d'isolateurs équipées, décrite dans cette norme, est destinée à simuler les conditions rencontrées en service, l'attention est attirée sur le fait qu'il n'est pas possible d'extrapoler le comportement d'une chaîne d'isolateurs équipée d'une longueur donnée à celui d'une chaîne d'isolateurs équipée de longueur différente ou équipée d'accessoires de conception ou de matériaux différents.

7.2 Montage d'essai

Le montage d'essai doit reproduire la configuration réelle de la chaîne d'isolateurs équipée complète et aussi fidèlement que possible celle du conducteur et de la partie du pylône la plus proche de la chaîne d'isolateurs équipée. Les dispositifs de protection réels doivent être utilisés et leur position par rapport aux isolateurs, aux pinces et au conducteur doit être reproduite. La simulation fidèle de la configuration réelle a pour but de recréer le champ électromagnétique réel qui affecte le mouvement de l'arc.

Les distances entre la chaîne d'isolateurs équipée et les structures mises à la terre simulant le pylône doivent être identiques à celles de la configuration de service. Dans le cas de certaines chaînes d'isolateurs équipées (par exemple très haute tension, configurations spéciales), la simulation réelle du pylône peut être limitée par les installations des laboratoires d'essai. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B > 6$ m), une distance D de 6 m entre le pylône et les conducteurs de ligne est suffisante.

La distance entre les conducteurs et le plan de masse doit être d'au moins $L_B/2$ ou 3 m pour $L_B > 6$ m.

Le montage d'essai doit comprendre un conducteur ou un faisceau de conducteurs ayant des caractéristiques semblables à celui utilisé en service. Afin de créer les forces électrodynamiques réelles qui affectent le mouvement de l'arc, la longueur du conducteur de chaque côté des chaînes d'isolateurs équipées doit au moins être égale à la longueur de la chaîne d'isolateurs équipée, sa longueur minimale devant toutefois être de 2,5 m. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B > 6$ m), une longueur de conducteur L_S de 6 m est suffisante (voir Annexe A).

Des exemples de montages d'essai et de simulations de pylônes (circuit de retour) appropriés sont indiqués dans l'Annexe A.

Afin d'éviter de mauvais contacts électriques et de s'assurer que la chaîne d'isolateurs équipée est positionnée correctement, une charge mécanique doit être appliquée à la chaîne d'isolateurs équipée. Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées verticales, cette charge peut être appliquée au moyen d'un poids approprié suspendu à la pince de suspension ou au conducteur au moyen d'une pièce de liaison isolée. La valeur de la charge doit être au moins de 5 kN sur la chaîne d'isolateurs équipée complète. Dans le cas de chaînes d'ancrage équipées, une charge mécanique supérieure peut être nécessaire afin de reproduire l'angle de service de la chaîne d'isolateurs équipée (voir Figure A.4).

7.3 Courant d'essai

Les caractéristiques du courant d'essai doivent être conformes à l'Article 5.

7.4 Principes des circuits d'alimentation et de retour

Les circuits d'alimentation et de retour doivent être choisis de manière à représenter les conditions de service simulées (voir Article 6).

7.5 Initiation de l'arc

L'arc doit être initié au moyen d'un fil fusible en matériau faiblement résistant (par exemple argent, aluminium, cuivre) et d'une section totale maximale de 1 mm². Si plusieurs fils sont utilisés, ils doivent être torsadés ensemble en parallèle.

NOTE Si l'initiation de l'arc pose problème, un fil fusible de plus grand diamètre peut être utilisé. Cependant, il convient de noter que ceci peut avoir un effet néfaste sur le résultat d'essai du fait de la réduction de mobilité d'arc initiale et du dépôt de métal sur la surface de l'isolateur.

L'initiation de l'arc spécifiée a pour but de créer des conditions similaires à celles d'un contournement d'une chaîne d'isolateurs équipée polluée. Ce type de contournement peut créer des pieds d'arc sur des points intermédiaires le long de la chaîne. La description du phénomène de l'arc et une explication détaillée du positionnement des fils fusibles sont données dans l'Annexe D.

Les fils fusibles doivent être fixés aux parties métalliques avec un point de contact unique de la manière suivante et comme indiqué à la Figure 2.

a) Chaînes d'isolateurs équipées à capot et à tige

Le premier fil doit être fixé sur le capot du premier isolateur côté terre et sur la tige d'un isolateur intermédiaire à un intervalle de trois à cinq éléments. Le fil suivant est placé de la même manière, mais sur le côté opposé de la chaîne. Cette procédure doit être répétée jusqu'à la fin de la chaîne. La Figure 2a montre le positionnement des fils et la fixation du fil au point limite du capot et de la jupe et à la tige. Lorsque des difficultés pratiques pour attacher le fil fusible à la tige apparaissent (par exemple du fait du profil des isolateurs), il est permis d'attacher celui-ci au capot de l'isolateur suivant.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées courtes possédant moins de 6 éléments, un point d'échange doit être créé approximativement au milieu de la chaîne.

b) Chaînes d'isolateurs équipées à isolateurs composites et à fût long

Le fil doit être fixé entre les parties métalliques de l'isolateur et enroulé autour du fût au milieu de l'isolateur en allant vers le côté opposé de celui-ci. Les différents éléments doivent avoir des fils fusibles distincts, conformément à la Figure 2b.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées plus longues (par exemple longueur de l'élément isolant >1,5 m), le fil doit être fixé entre les parties métalliques de l'isolateur et enroulé autour du fût en allant vers le côté opposé de celui-ci tous les 0,6 m à 0,8 m, conformément à la Figure 2c.

Dans tous les cas (chaînes d'isolateurs équipées à capot et à tige, fût long, composites, chaînes équipées verticales, en V, horizontales), le plan des fils fusibles doit avoir un angle de 45° par rapport aux conducteurs (voir Figures 2d et 2e).

Le point de fixation du fil fusible doit être déplacé vers un quadrant adjacent lors de chaque essai successif.

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées multiples (en V, doubles, etc.), les arcs doivent toujours être initiés sur la même chaîne pendant une séquence d'essais. Cette chaîne doit être choisie de manière à ce que le déplacement normal de l'arc dû aux forces électromagnétiques soit en direction de la ou des autres chaînes de la chaîne d'isolateurs équipée.

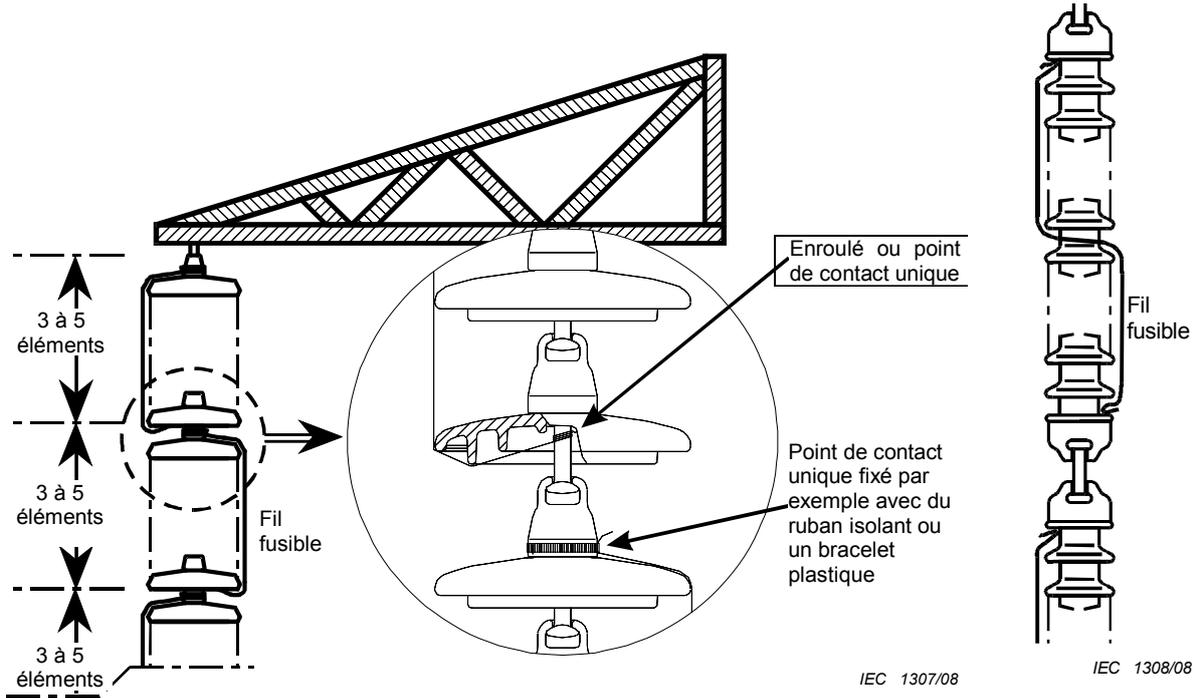


Figure 2a - Chaînes d'isolateurs équipées à capot et à tige

Figure 2b - Isolateurs à fût long

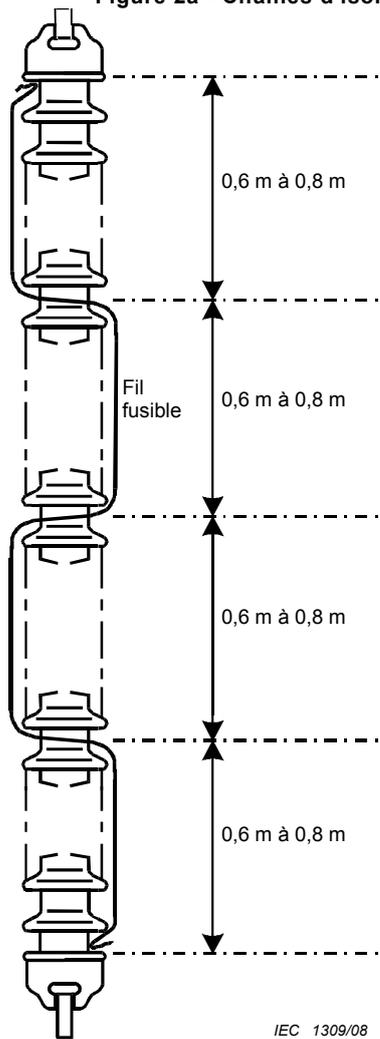


Figure 2c - Chaînes équipées plus longues

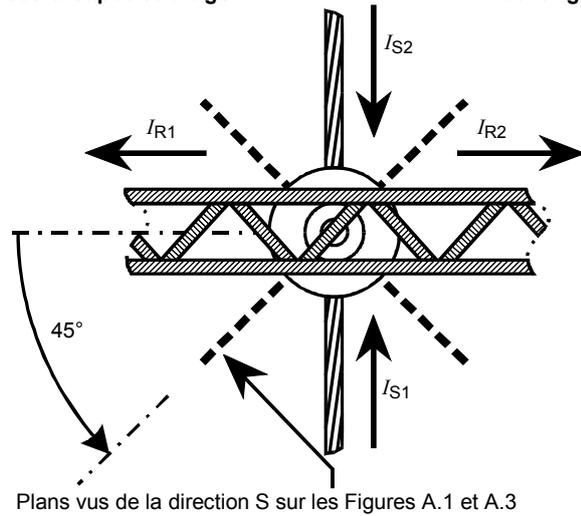


Figure 2d - Plans des fils fusibles, chaînes verticales et en V

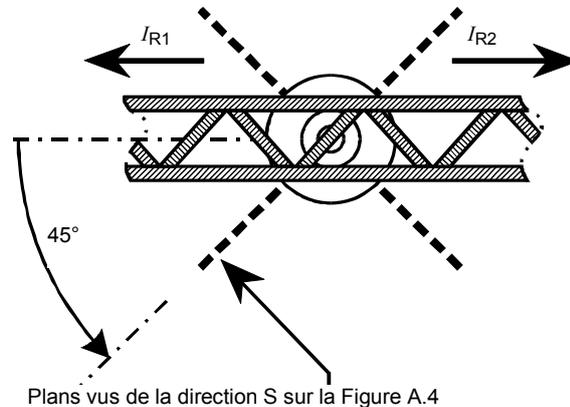


Figure 2e - Plans des fils fusibles, chaînes horizontales

Figure 2 - Initiation de l'arc

7.6 Conditions ambiantes

La vitesse du vent et toutes les autres conditions ambiantes (pression atmosphérique, pluie, humidité et température) doivent être enregistrées dans tous les cas.

Dans la mesure où le vent a une influence sur le mouvement de l'arc, les essais peuvent être effectués dans une enceinte d'essai ou, lorsqu'ils sont effectués à l'extérieur, ils doivent l'être par temps calme chaque fois que cela est possible. Afin de pouvoir comparer de manière efficace des essais d'arc de puissance à des courants plus faibles (<10 kA), une vitesse maximale du vent de 5 m/s est admise.

L'Annexe E explique l'importance du vent sur les essais d'arc de puissance.

Les autres conditions atmosphériques sont considérées comme n'ayant aucune influence significative sur les résultats.

7.7 Séries d'essais et caractéristiques des arcs de puissance

Conformément au Tableau 1 et à la Figure 1, les séries d'essais X ou Y du Tableau 2 doivent être choisies en fonction du type de pylône. Il n'est raisonnable de choisir la série d'essais Y que dans le cas où le circuit de retour est toujours déséquilibré, par exemple lorsque le pylône ne possède pas de fenêtre de phase centrale. Pour des raisons pratiques, dans les applications où il existe différentes géométries de pylône et où les deux séries d'essais X et Y seraient normalement nécessaires, la série d'essais X doit être choisie de préférence, celle-ci étant plus contraignante. Dans tous les cas, si la série d'essais X est effectuée, il n'est alors pas nécessaire d'effectuer la série Y.

Tableau 2 – Séries d'essais pour les chaînes d'isolateurs équipées

Série d'essais	Circuit d'essai (voir Tableau 1)	Courant de court-circuit	Nombre et durée des essais (séquence d'essais)
X	A	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	A	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	B	$I_n = I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 0,5$ s
Y	C	$I_n = 0,2 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	C	$I_n = 0,5 I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 1$ s
	D	$I_n = I_{sys}$	Deux à $t_n = 0,2$ s et un à $t_n = 0,5$ s

L'intervalle minimal entre deux essais successifs doit être de 20 min. Le remplacement des éléments endommagés ou de la chaîne d'isolateurs équipée complète est permis après tous les 3 essais effectués à la même valeur de courant.

Le nombre d'essais et leur durée sont choisis de manière à représenter les conditions se produisant sur la majorité des réseaux. Si des valeurs différentes sont prescrites afin de représenter des caractéristiques spécifiques d'un réseau, elles doivent faire l'objet d'un accord préalable.

L'Annexe F explique les valeurs prescrites ci-dessus.

8 Essais effectués sur des chaînes courtes

8.1 Remarques générales

La procédure d'essai applicable aux chaînes courtes est incluse dans cette norme comme méthode d'évaluation du comportement des matériaux, de la conception et la construction des isolateurs sous l'effet des contraintes thermiques rencontrées au cours d'un arc de puissance. Cet essai ne peut pas être utilisé pour déterminer ou prévoir le comportement d'une chaîne d'isolateurs équipée complète.

8.2 Montage d'essai

Le montage d'essai utilisé pour les chaînes courtes est illustré à la Figure 3. La chaîne courte est suspendue à la verticale par un conducteur isolé (fil, tube ou tige) en dessous d'une plaque d'isolation destinée à éviter tout transfert de l'arc sur l'équipement environnant. Un second conducteur isolé applique un poids ou une charge mécanique sur la partie inférieure de la chaîne. Les circuits d'alimentation et de retour sont reliés perpendiculairement à ces conducteurs, à une distance de la chaîne équivalant à une à deux fois la distance d'arc de cette dernière.

Les distances entre la chaîne d'isolateurs et les structures mises à la terre doivent être suffisantes pour éviter tout transfert de l'arc sur les structures. La distance entre les conducteurs et le plan de masse doit être d'au moins 1 m.

La valeur de la charge appliquée à la chaîne doit être d'au moins 5 kN.

Les accessoires utilisés pour relier les conducteurs à la chaîne doivent être de dimension et de forme appropriées de manière à être adaptés aux accessoires d'extrémité de la chaîne soumise à l'essai.

8.3 Courant d'essai

Les caractéristiques du courant d'essai doivent être conformes à l'Article 5.

8.4 Principes des circuits d'alimentation et de retour

Les circuits d'alimentation et de retour doivent être déséquilibrés (voir Article 6 et Figure 3).

8.5 Initiation de l'arc

L'arc doit être initié au moyen d'un fil fusible en matériau faiblement résistant (par exemple argent, aluminium, cuivre) et d'une section totale maximale de 1 mm². Si plusieurs fils sont utilisés, ils doivent être torsadés ensemble en parallèle.

NOTE Si l'initiation de l'arc pose problème, un fil fusible de plus grand diamètre peut être utilisé. Cependant, il convient de noter que ceci peut avoir un effet néfaste sur le résultat d'essai du fait de la réduction de mobilité d'arc initiale et du dépôt de métal sur la surface de l'isolateur.

Le fil fusible doit être fixé à la partie métallique des accessoires supérieurs et inférieurs de la chaîne d'isolateurs, de préférence avec un point de contact unique ou alternativement par enroulement. Le fil doit suivre la ligne d'arc de la chaîne, tel qu'illustré à la Figure 3. Si la chaîne ne comporte pas d'accessoires d'extrémités métalliques, le fil doit être fixé sur le point le plus proche de l'accessoire d'accouplement du montage d'essai.

Dans toute la mesure du possible (dans le cas des chaînes d'isolateurs à capot et à tige, à fût long et composites), le plan des fils fusibles doit avoir un angle de 45° par rapport aux conducteurs d'alimentation et de retour.

Le point de fixation du fil fusible doit être déplacé vers un quadrant adjacent lors de chaque essai successif.

8.6 Conditions ambiantes

Si l'essai est effectué à l'extérieur, la vitesse du vent et toutes les autres conditions ambiantes (pression atmosphérique, pluie, humidité et température) doivent être enregistrées. Pour les essais effectués à l'intérieur, la pression atmosphérique, l'humidité et la température doivent être enregistrées.

Dans la mesure où le vent a une influence sur le mouvement de l'arc, les essais peuvent être effectués dans une enceinte d'essai ou, lorsqu'ils sont effectués à l'extérieur, ils doivent l'être par temps calme chaque fois que cela est possible. Afin de pouvoir comparer de manière efficace des essais d'arc de puissance à des courants plus faibles (<10 kA), une vitesse maximale du vent de 5 m/s est admise.

L'Annexe E explique l'importance du vent sur les essais d'arc de puissance.

Les autres conditions atmosphériques sont considérées comme n'ayant aucune influence significative sur les résultats.

8.7 Série d'essais et caractéristiques des arcs de puissance

La série d'essais applicable aux chaînes courtes consiste en trois essais successifs au cours desquels une chaîne courte est soumise à l'essai avec une seule application de court-circuit. La chaîne courte complète est remplacée après chaque application d'arc. Le Tableau 3 donne les courants et les durées des essais de la série concernée.

Tableau 3 – Série d'essais pour les chaînes d'isolateurs courtes

Circuit d'essai (voir Tableau 1)	Courant de court-circuit ^a	Nombre et durée des essais ^a (séquence d'essais)
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	Un à $t_n = 0,1 \text{ s}$
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	Un à $t_n = 0,1 \text{ s}$
D	$I_n = 12 \text{ kA}$	Un à $t_n = 0,1 \text{ s}$

^a En variante, et après accord entre les parties intéressées, les essais peuvent être effectués à une tension de 6 kA pendant 0,2 s.

La charge mécanique appliquée sur la chaîne doit être maintenue pendant 5 min après application de l'arc.

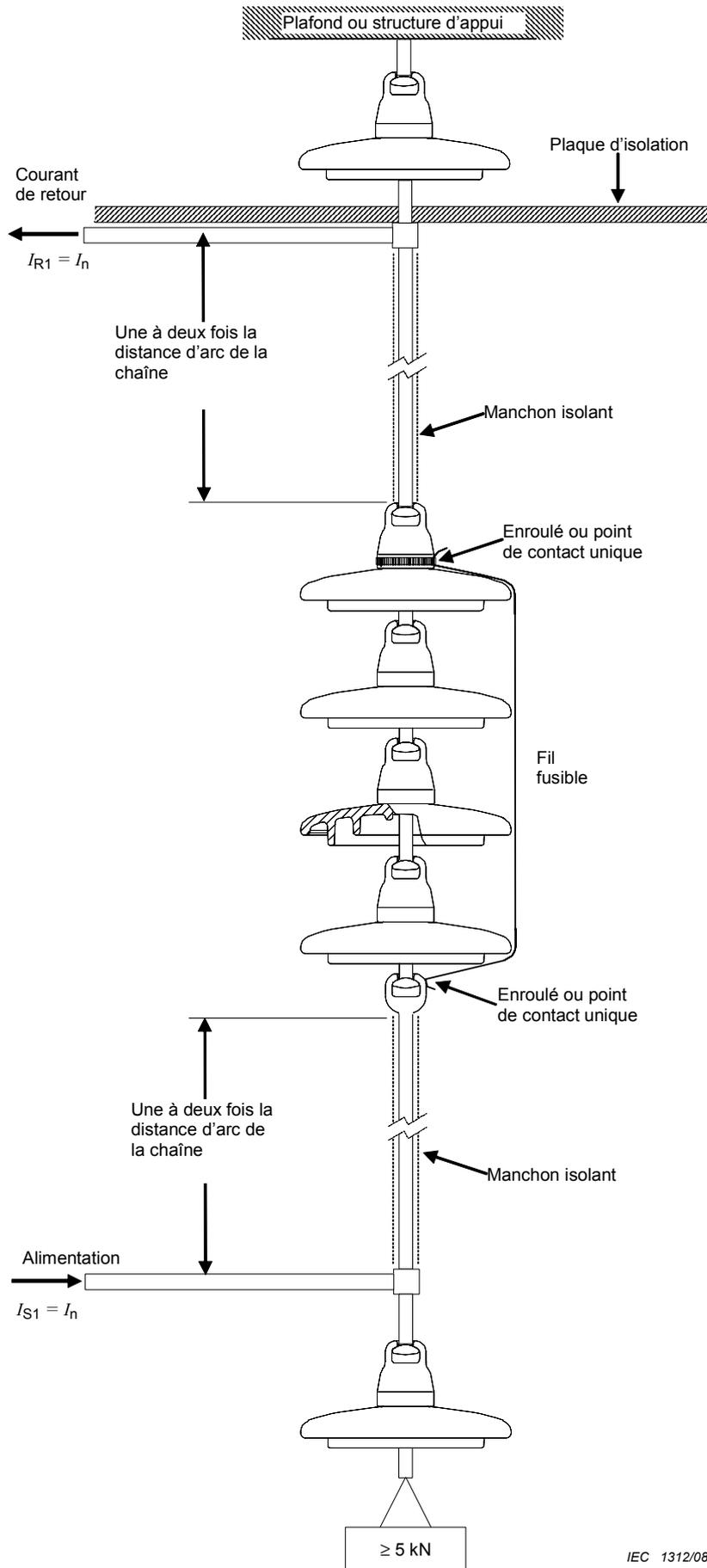


Figure 3 – Dispositif de montage des chaînes courtes

9 Rapport d'essai

Afin d'harmoniser le format des rapports d'essai, les informations à inclure dans le document d'essai doivent apparaître dans l'ordre suivant:

- a) une page de garde appropriée;
- b) le détail complet des caractéristiques assignées par le demandeur des essais;
- c) une liste des essais effectués et, le cas échéant, une liste des personnes ayant assisté aux essais, ainsi que la diffusion du document d'essai.

La suite du document d'essai peut être présentée de manière à suivre les usages du laboratoire d'essai. Le format recommandé de présentation du rapport est indiqué à l'Annexe G.

10 Evaluation des résultats

10.1 Remarques générales

Le présent article définit des critères, utilisés uniquement comme recommandations, permettant d'évaluer les effets sur la fiabilité opérationnelle de la chaîne d'isolateurs ou de la chaîne d'isolateurs équipée.

L'évaluation comporte deux parties. Un examen visuel est réalisé en premier lieu, suivi d'une série d'essais analytiques pour déterminer l'aptitude des isolateurs à remplir leur fonction en service.

Pour les essais effectués sur des chaînes d'isolateurs équipées, l'examen visuel comprend également tous les composants mécaniques et accessoires de la chaîne d'isolateurs équipée. Cette information est consignée afin d'être utilisée par d'autres normes de produits pertinentes si nécessaire. Les critères pour l'évaluation de ces accessoires et des connexions ne relèvent pas du domaine d'application de cette norme.

10.2 Examen visuel

Un examen visuel approfondi, comprenant des prises de vues photographiques, doit mentionner tout dommage significatif subi par les isolateurs, les accessoires, les dispositifs de protection et le ou les conducteurs :

- Les parties métalliques des isolateurs et tous les accessoires porteurs doivent être examinés et photographiés pour les dommages occasionnés par l'arc qui pourraient avoir une incidence sur leur résistance mécanique. Cela comprend la fusion partielle, le corroyage par l'arc et la vaporisation du métal.
- Les parties métalliques qui sont galvanisées doivent être examinées pour les dégradations du revêtement qui pourrait subir une corrosion future.
- Les parties métalliques qui sont soumises à des niveaux significatifs de contraintes électriques superficielles doivent être examinées pour des changements localisés de contours qui pourraient induire une augmentation excessive de l'effet couronne et du niveau de bruit radioélectrique.

10.3 Isolateurs en porcelaine ou en verre

Outre l'examen visuel permettant de détecter les dommages subis par les composants matériels des isolateurs, les isolateurs en porcelaine ou en verre doivent être examinés pour les dommages subis par les parties isolantes. Lesdits dommages peuvent comprendre les dommages suivants:

- rupture partielle ou complète des jupes;

- brûlure ou écaillage des surfaces isolantes.

«Faire sonner» les jupes des isolateurs à capot et à tige peut servir de moyen préliminaire de détection d'éventuels défauts diélectriques internes des isolateurs en porcelaine. Toutefois, cette méthode est quelque peu subjective, et ne peut être utilisée qu'à titre d'évaluation préliminaire avant de procéder à l'analyse indiquée dans le Tableau 4.

10.4 Isolateurs composites

Outre l'examen visuel permettant de détecter des dommages matériels, les isolateurs composites doivent être examinés pour les dommages subis par les parties isolantes. Lesdits dommages peuvent comprendre les dommages suivants:

- les changements de l'état de surface tels que la décoloration, l'érosion ou les dépôts de plasma d'arc;
- la fissure ou la perforation de jupes individuelles;
- une dégradation importante du revêtement conduisant à une exposition du noyau en fibre de verre, une perte d'étanchéité au niveau des accessoires ou joints d'extrémité ou une exsudation de la graisse d'étanchéité, si elle est utilisée.

10.5 Critères d'acceptation

Le critère d'acceptation veut que la chaîne d'isolateurs ou chaîne d'isolateurs équipée soit opérationnellement fiable une fois achevées les séries d'essais. Les conditions de fiabilité opérationnelle doivent être vérifiées aussi bien pour le comportement mécanique qu'électrique, conformément aux critères définis dans le Tableau 4 ci-dessous.

Une attention particulière doit être accordée à l'évaluation des résultats d'essai.

Tableau 4 – Critères d'évaluation d'essai

Critères ou essai à effectuer	Critères d'évaluation	
	Chaînes d'isolateurs équipées	Chaînes courtes
Séparation des isolateurs pendant l'essai	Non admis	Non admis
Brûlure, rupture des jupes ou des arêtes, perte d'émail, surfaces galvanisées fondues	Admis ^a	Admis
Exposition du fût de fibre de verre (isolateurs composites uniquement)	Non admis	Non admis
Essai de contournement à fréquence industrielle à sec pour vérifier l'absence de perforation (classe B uniquement)	Tous les éléments doivent être soumis à l'essai et doivent contourner par l'extérieur	Tous les éléments doivent être soumis à l'essai et doivent contourner par l'extérieur
Essai de rupture mécanique	La charge de rupture de tous les éléments sélectionnés doit être au moins égale à 70 % de SFL ou SML ^{b, c}	La charge de rupture de tous les éléments sélectionnés doit être au moins égale à 70 % de SFL ou SML ^c
Essais effectués sur les accessoires et les conducteurs	Conformément aux normes CEI pertinentes ou selon accord	N/A
<p>^a Si plus d'un tiers des éléments ou de la longueur d'une chaîne d'isolateurs équipée présente un dommage important susceptible d'affecter les performances électriques (rupture des jupes, brûlure sévère, dépôts conducteurs, etc.), il peut se révéler nécessaire d'effectuer des essais électriques supplémentaires afin de vérifier les caractéristiques de résistance de la chaîne.</p> <p>^b Pour les chaînes d'isolateurs équipées à capot et à tige, les éléments à soumettre à l'essai doivent être les trois premiers éléments du côté ligne, les trois premiers éléments du côté terre et les trois éléments du milieu de la chaîne d'ignition, plus tout autre élément ayant subi un dommage important. Pour les chaînes d'isolateurs équipées à fût long et composites, tous les isolateurs doivent être soumis à l'essai.</p> <p>^c La valeur de 70 % est spécifiée afin de s'assurer de la compatibilité avec les exigences de la CEI 60826 relatives aux isolateurs. Alternativement, suivant un accord entre le client et le fournisseur, les critères d'acceptation de la CEI 60797 peuvent être appliqués.</p>		

Annexe A (normative)

Exemples de montages d'essai et méthodes pratiques de simulation de pylône (circuit de retour)

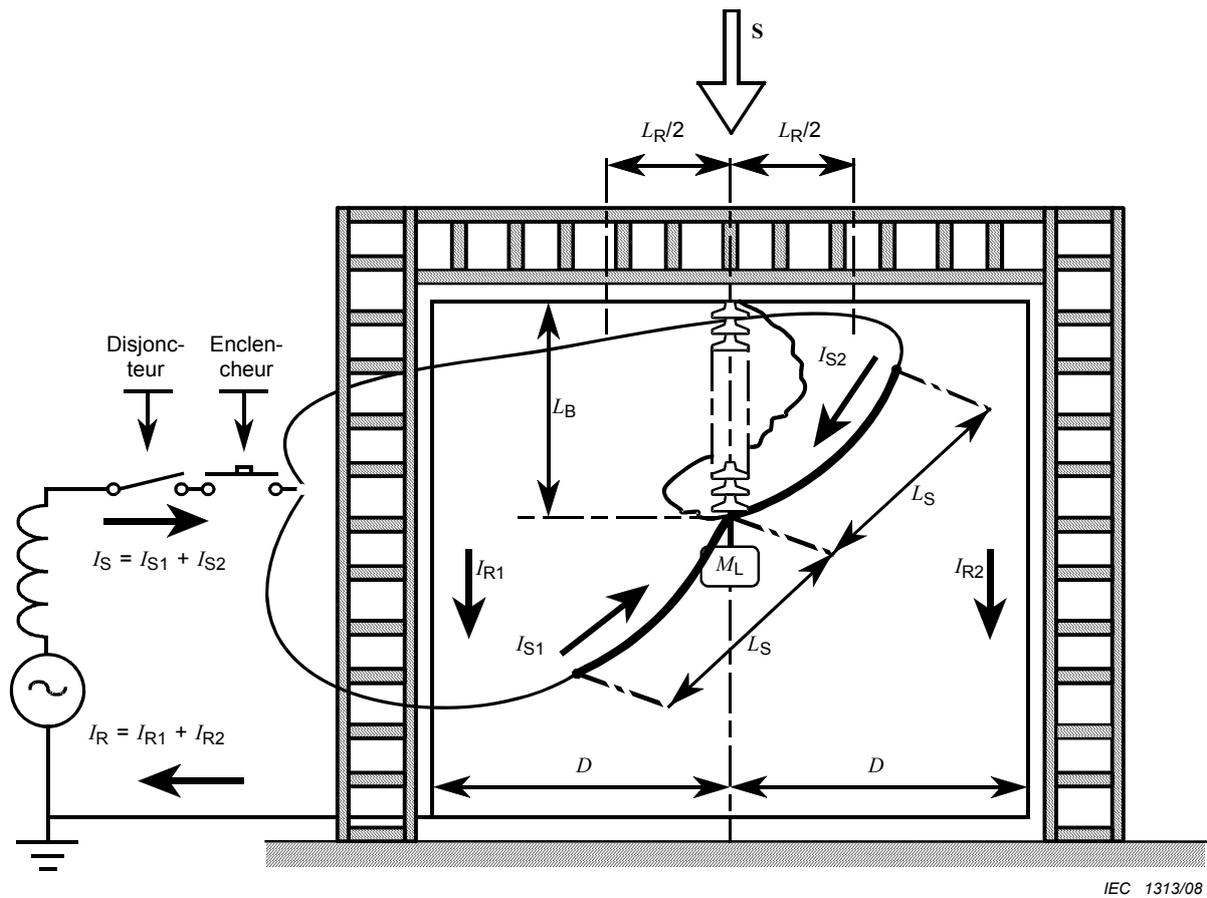
Dans le circuit de retour, le courant peut s'écouler soit à travers la structure métallique simulant le pylône, soit alternativement dans un ou plusieurs conducteurs disposés dans la structure elle-même. Dans ce dernier cas, le conducteur peut être fixé parallèlement à la structure métallique sans isolation, mais avec accord, le conducteur peut être fixé parallèlement et isolé de la structure (voir Figure A.2).

Dans les deux cas, la simulation de la configuration des parties du pylône faisant face à la chaîne d'isolateurs équipée doit être construite en treillis métallique approprié dont les dimensions ne sont pas inférieures à la longueur de la chaîne d'isolateurs équipée, avec une longueur minimale de 2,5 m (voir L_R dans les Figures A.1, A.2 et A.3).

Dans le cas de chaînes d'isolateurs équipées longues, une longueur L_R de 6 m est suffisante (voir Figures A.1, A.2 et A.3).

Pour les essais effectués sur les chaînes d'isolateurs équipées destinées à être utilisées avec des réseaux avec la valeur U_m inférieure ou égale à 90 kV, les longueurs de conducteurs L_S peuvent être réduites à 1,25 m.

Lorsque le profil du pylône est inconnu, il doit être convenu d'une valeur réaliste des dimensions de simulation du pylône. La raison de la simulation du pylône au voisinage du côté terre de la chaîne d'isolateurs équipée est de permettre le transfert des pieds d'arc sur la structure.



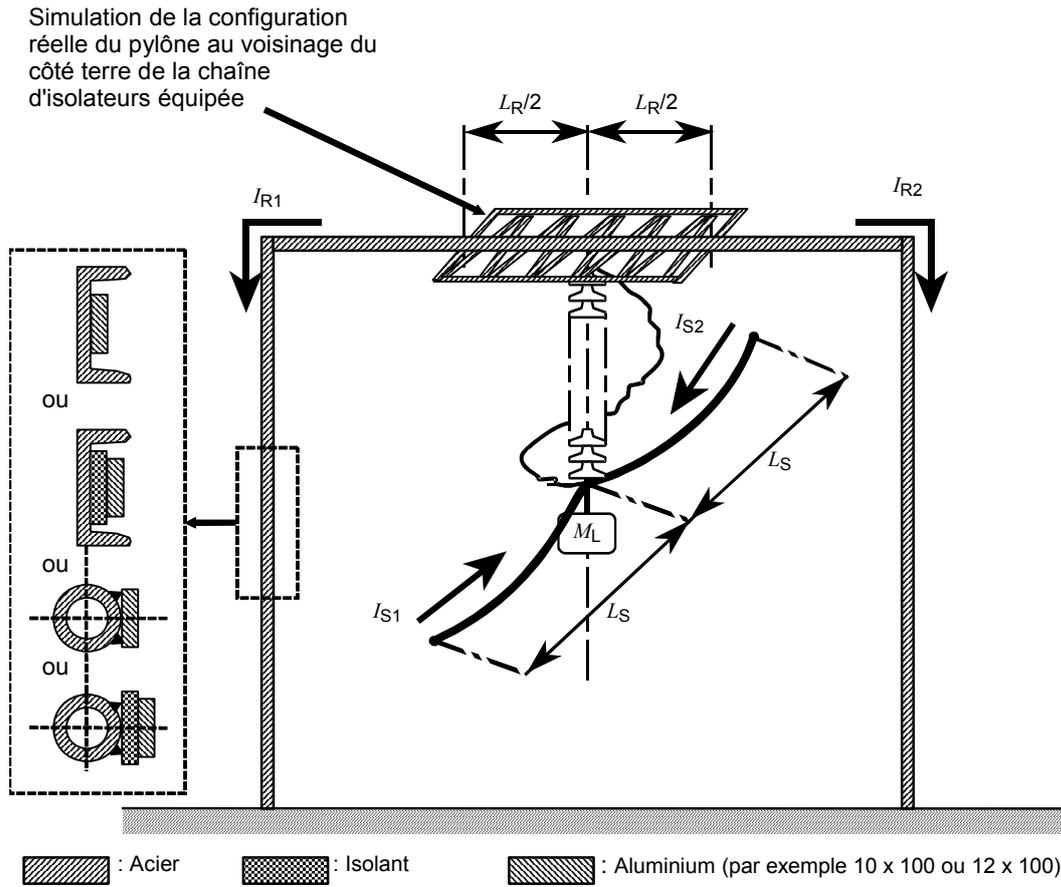
Légende

$L_R \geq L_B$ et $L_R \geq 2,5$ m

$L_S \geq L_B$ et $L_S \geq 2,5$ m

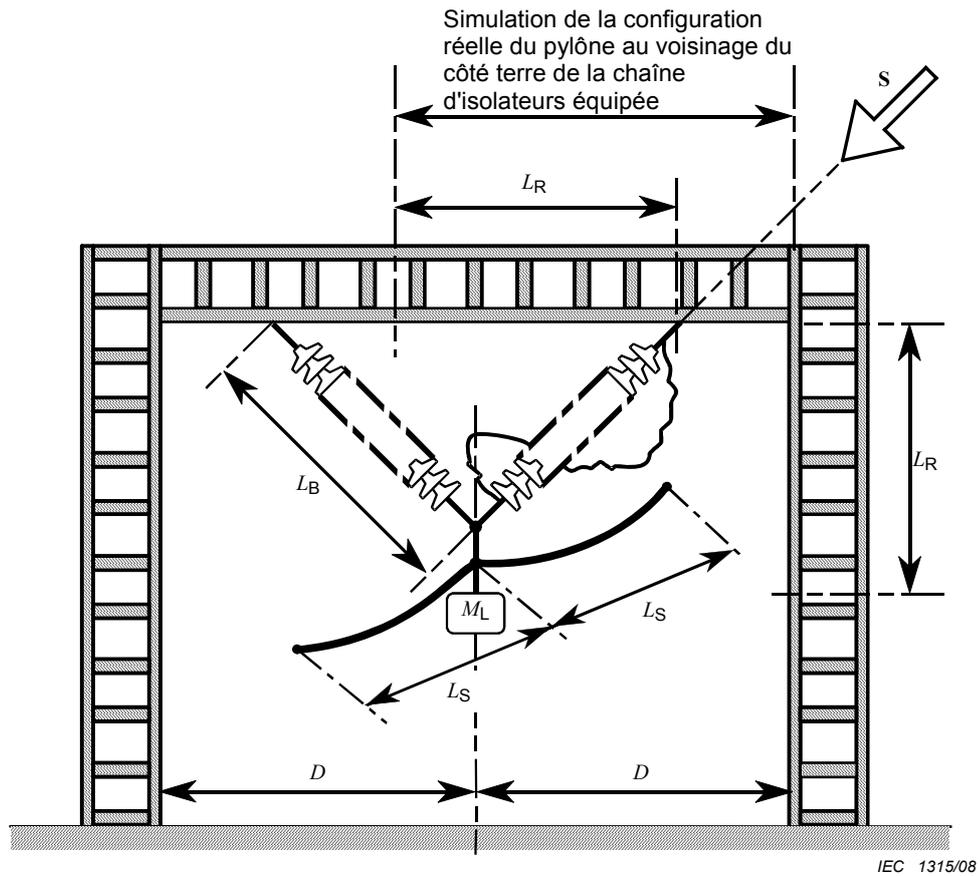
Pour les chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B \geq 6$ m) D , L_R et $L_S \geq 6$ m.

Figure A.1 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale



IEC 1314/08

Figure A.2 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée verticale utilisant une structure de pylône en acier simplifiée



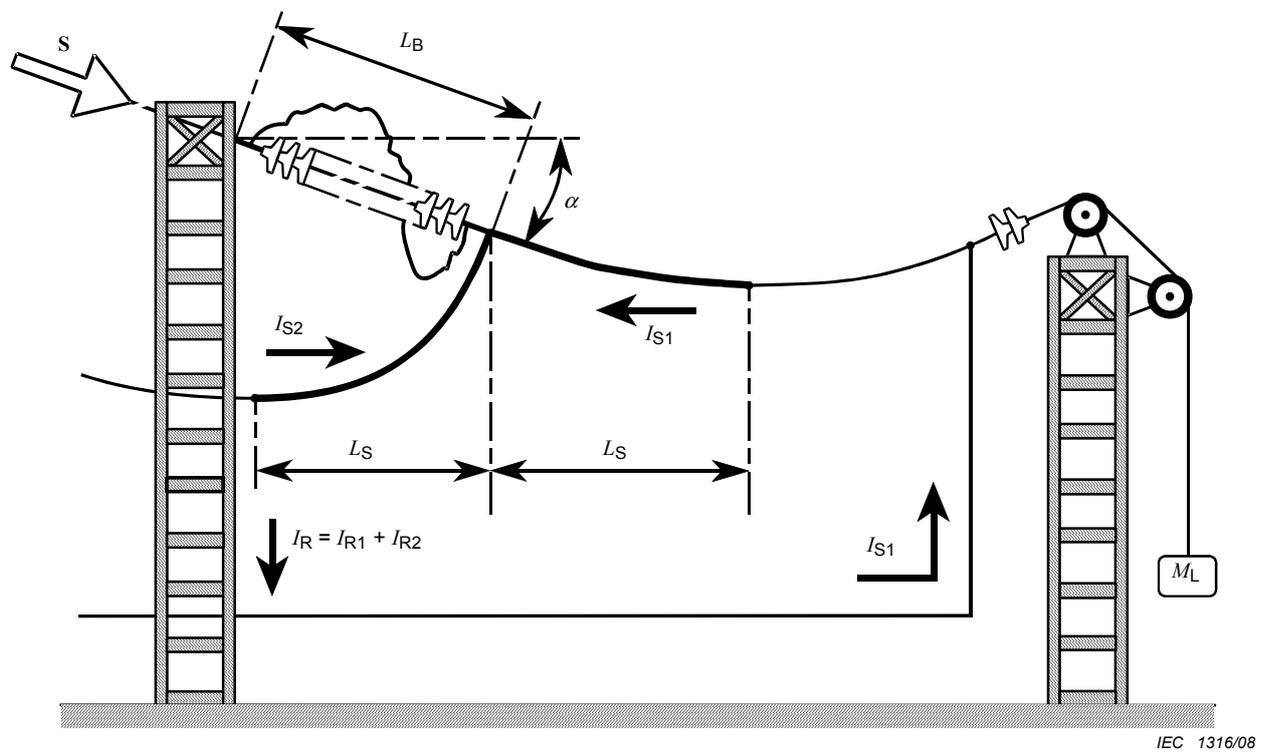
Légende

$L_R \geq L_B$ et $L_R \geq 2,5$ m

$L_S \geq L_B$ et $L_S \geq 2,5$ m

Pour les chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B \geq 6$ m) D , L_R et $L_S \geq 6$ m.

Figure A.3 – Montage d'essai d'une chaîne d'isolateurs équipée en V située au centre du pylône (pour la structure simplifiée de pylône en acier et le circuit de retour, voir les Figures A.1 et A.2)

**Légende**

$$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$$

$$L_S \geq L_B \text{ et } L_S \geq 2,5 \text{ m}$$

Pour les chaînes d'isolateurs équipées longues ($L_B \geq 6 \text{ m}$) D , L_R et $L_S \geq 6 \text{ m}$.

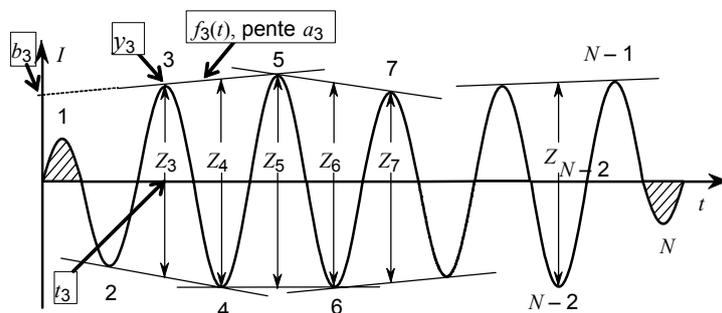
Figure A.4 – Montage d'essai d'un isolateur horizontal (pour la structure simplifiée de pylône en acier et le circuit de retour, voir les Figures A.1 et A.2)

Annexe B (normative)

Détermination de la valeur efficace du courant

B.1 Détermination de la valeur efficace de la composante alternative du courant sur la durée réelle de l'essai

Afin d'éviter une influence possible due à la fluctuation du courant et/ou de la fréquence, la valeur efficace est par conséquent obtenue par une moyenne non pondérée de valeurs efficaces (méthode des trois crêtes). Chaque valeur efficace est obtenue par le glissement d'une crête par rapport à la précédente. Pour empêcher les effets de bord, la première, et si possible, la dernière boucle (qui pourrait être réduite par les disjoncteurs de protection) doivent être omises.



IEC 1317/08

La valeur efficace, pour un signal de N crêtes [1.. N] est donnée par l'expression suivante:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \sum_{i=3}^{N-2} (X_i) \quad \text{ou} \quad I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (Z_i)$$

où

X_i est la valeur efficace du courant d'arc pour la crête numéro i ;

Z_i est la valeur crête-à-crête du courant d'arc pour la crête numéro i .

Sous forme analytique, la valeur efficace, pour un signal de N crêtes [1.. N] est donnée par l'expression suivante:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (a_i \times t_i + b_i - y_i)$$

où (voir la méthode des trois crêtes au B.2 et les exemples pour $i = 3$ dans la figure ci-dessus):

t_i est l'instant (abscisse temps) de la crête numéro i ;

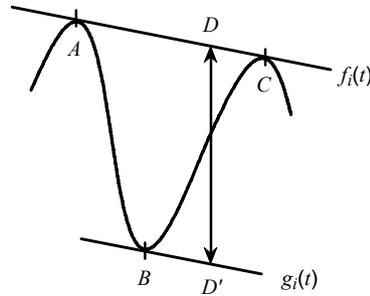
y_i est la valeur crête de la crête numéro i ;

a_i est la pente de la droite $f_i(t)$;

b_i est l'origine de la droite $f_i(t)$ à $t = 0$.

B.2 Méthode des trois crêtes

La méthode évalue la valeur efficace de la composante alternative d'un signal à partir de trois crêtes consécutives $A(t_{i-1}; y_{i-1})$, $B(t_i; y_i)$, $C(t_{i+1}; y_{i+1})$:



IEC 1318/08

La valeur efficace est mesurée comme $\frac{[DD']}{\sqrt{8}}$,

$f_i(t)$ étant une droite entre A et C :

$$f_i(t) = a_i t + b_i$$

où

$$a_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1});$$

$$b_i = y_{i+1} - a_i t_{i+1} \text{ or } b_i = y_{i-1} - a_i t_{i-1}$$

$g_i(t)$ étant une droite parallèle à $f_i(t)$.

Annexe C (informative)

Tension à vide de la source de puissance

Il convient que la tension à vide de la source de puissance soit assez élevée pour tenir les tolérances spécifiées pour le courant d'arc et pour permettre le ré-allumage de l'arc au courant zéro. Cette exigence est applicable à condition que l'arc ne s'éloigne pas trop de ses pieds d'origine, en particulier en un point pas trop éloigné du conducteur. Dans tous les cas, il convient que la tension à vide de la source de puissance ne soit pas supérieure à la tension de résistance de la chaîne équipée.

Les tensions à vide suivantes de la source de puissance sont données à titre d'indication (L_B est exprimée en mètres):

- 7 kV à 10 kV dans le cas des chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $U < 72,5$ kV;
- $L_B \times 7$ kV dans le cas des chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $72,5 \leq U < 245$ kV;
- $L_B \times (5 \text{ kV à } 6 \text{ kV})$ dans le cas des chaînes d'isolateurs équipées pour des tensions de réseau $U \geq 245$ kV.

Annexe D (informative)

Arcs de puissance sur des chaînes d'isolateurs équipées et leur simulation exacte par un positionnement approprié des fils fusibles

Le contournement d'une chaîne d'isolateurs polluée à la tension assignée ou provoquée par une surtension de manœuvre se produit le long de la surface de l'isolateur. Au moment du contournement, l'arc se compose de différentes sections. Ces sections d'arc ou arcs partiels relient des parties métalliques à d'autres parties métalliques (dans le cas de chaînes d'isolateurs à capot et à tige, des capots vers les tiges), et se situent dans différents plans disposés aléatoirement les uns par rapport aux autres. Lorsque des arcs partiels voisins sont placés dans des plans distants les uns des autres ($\approx 180^\circ$), des pieds d'arc intermédiaires peuvent avoir une longue durée de vie. La simulation du contournement par pollution, aboutissant à des pieds d'arc intermédiaires et exposant la chaîne d'isolateurs à des contraintes plus importantes que dans le cas d'un contournement unique par un choc de foudre, est utilisée pour les essais d'arc de puissance. Le phénomène décrit, c'est-à-dire les arcs partiels dans les premières millisecondes et les pieds d'arc intermédiaire (formant des points d'échange), est illustré à la Figure D.1. Pour l'essai d'arc de puissance, ces points d'échange doivent être forcés par une disposition appropriée des fils fusibles.

Le mouvement des arcs de puissance qui se développent sur des chaînes d'isolateurs haute tension, et les contraintes imposées aux isolateurs par les arcs de puissance sont influencés par trois effets :

- a) Le premier effet est l'immobilité des sections d'arc adjacentes aux pieds d'arc. Des jets intenses de plasma sont émis à partir des pieds d'arc. Dans la mesure où les pieds d'arc sont immobiles, les arcs sont fixés à ces derniers. La section d'arc au voisinage du pied d'arc suit la direction du jet fortement conducteur de plasma. Le jet de plasma n'est pratiquement pas influencé par les forces électrodynamiques, par le vent ou les effets thermiques.
- b) Les sections d'arc à une certaine distance des pieds d'arc (qui ne sont pas soumis à l'action de l'effet a) sont affectées par les forces électrodynamiques, le vent et les effets thermiques, contraignant souvent ces sections à se déplacer.
- c) Des parties des sections d'arc, se déplaçant sous l'effet b) peuvent se rapprocher si près les unes des autres, ou de certaines parties métalliques, qu'un nouveau canal d'arc est créé par un amorçage dû à la différence de potentiel existant entre de telles parties d'arcs, provoquant habituellement l'extinction du cheminement initial. De cette façon, des variations brusques des positions de l'arc se produisent: les pieds d'arc initiaux disparaissent ou sont relégués vers d'autres positions et de nouveaux pieds d'arc se développent. Dans le cas de courants plus forts, l'ionisation est plus intense et la probabilité d'amorçage est accrue.

Les images de caméra à prises de vues rapides présentées à la Figure D.1 montrent un essai d'arc de puissance à 5 kA sur une chaîne 145 kV d'isolateurs polluée, constituée de 7 éléments capot et tige. Les arcs partiels situés aléatoirement dans les premières millisecondes et la longue durée de vie des pieds d'arc intermédiaires (points d'échange) peuvent être observés. Dans le cas des isolateurs à fût long et composites, lors du contournement, l'arc partiel sur un élément ne brûle généralement pas sur une ligne droite, et des points d'échange existent seulement aux extrémités des éléments.

L'expérience d'un grand nombre de contournements par pollution et d'essais d'arc de puissance initié par des fils fusibles effectués dans des laboratoires conduit au positionnement proposé des fils fusibles comme illustré à la Figure 2. L'initiation de l'arc est adaptée pour forcer le positionnement de ces points d'échange, et conduit à une simulation réaliste de la répartition des contraintes le long de la chaîne d'isolateurs équipée soumise à l'essai.

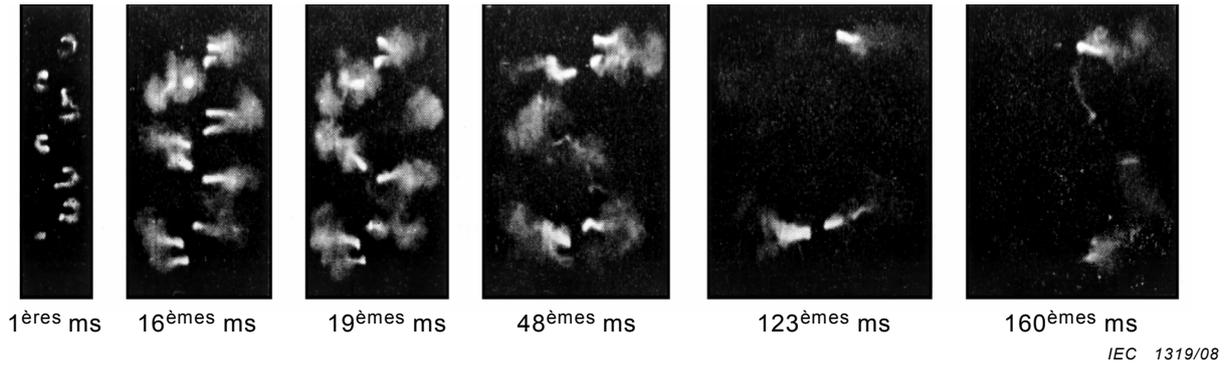


Figure D.1 – Essai d'arc de puissance à 5 kA d'une chaîne 145 kV constituée de 7 éléments capot et tige

Annexe E (informative)

Vitesse du vent pendant les essais d'arc de puissance

La simulation du contournement de chaînes d'isolateurs polluées, entraînant une contrainte maximale, est utilisée pour les essais d'arc de puissance dans cette norme.

Dans des conditions de faible courant de défaut et de circuit équilibré (voir Article 6 et Annexe F), les forces électrodynamiques ne contraignent pas l'arc à se déplacer: de ce fait, les sections d'arc éloignées des pieds d'arc sont influencées par le vent. Elles se déplacent pratiquement avec celui-ci.

Lors d'un contournement provoqué par la pollution, le temps est normalement brumeux et les mouvements d'air sont généralement négligeables (<5 m/s). Il convient également de garantir cette dernière condition pour les essais d'arc de puissance. Afin de pouvoir comparer de manière efficace des essais d'arc de puissance à des courants plus faibles (<10 kA), une vitesse maximale du vent de 5 m/s est admise.

Annexe F (informative)

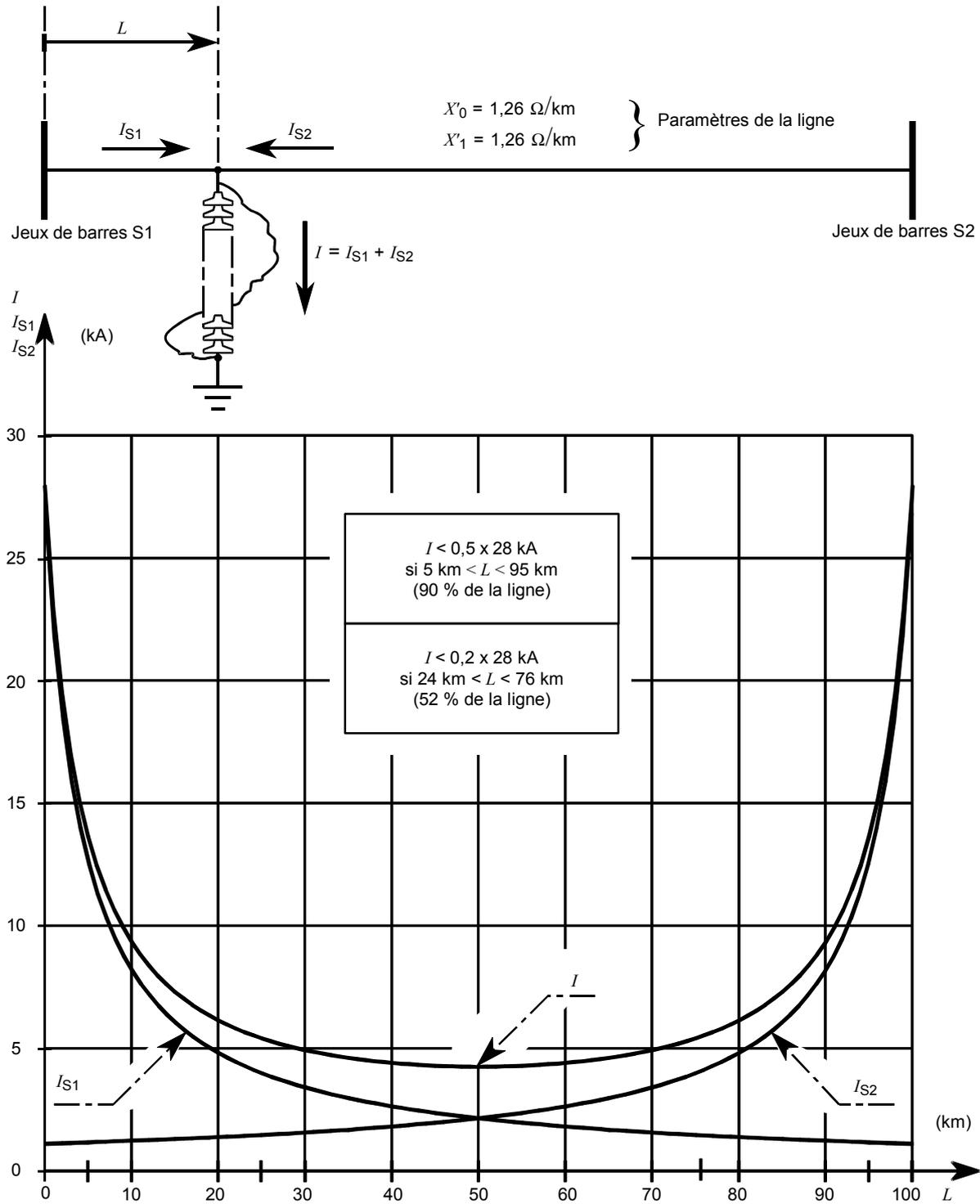
Variation de l'amplitude du courant de défaut et raisons du choix des paramètres d'essai indiqués

Le niveau du courant de défaut varie en fonction de la position du défaut le long de la ligne de transport. A proximité du jeu de barres à grande puissance (extrémité de la ligne), le courant de court-circuit est élevé et le circuit d'alimentation est déséquilibré. Au milieu d'une ligne, le courant de défaut est de valeur plus faible et le circuit d'alimentation est quasiment équilibré.

L'arc de faible intensité demeurant à proximité de la chaîne d'isolateurs dans un circuit équilibré peut occasionner des dommages plus importants que ceux dus à un arc d'intensité plus importante et déplacé par les forces électrodynamiques élevées dans un circuit déséquilibré. Par conséquent, la série d'essais doit être effectuée à différents niveaux de courant et avec des circuits d'essai appropriés.

La distribution du courant d'arc et de ses composantes du circuit d'alimentation, le long d'une ligne de 145 kV de 100 km de longueur reliant des jeux de barres de 28 kA de courant de court-circuit, est illustrée à la Figure F.1. Il peut être observé qu'un faible courant d'arc et un circuit équilibré sont caractéristiques de la ligne.

Les courants de court-circuit de $0,2 I_{sys}$, $0,5 I_{sys}$ et I_{sys} des séquences d'essais prescrites rejoignent les niveaux de courants de défaut caractéristiques le long de la ligne de transport. Les trois essais d'une séquence d'essais sont conformes à la séquence de manœuvres assignées des disjoncteurs de ligne. Les durées correspondent au réglage habituel des disjoncteurs. La troisième durée d'arc, plus longue, est conforme au réglage de la protection de secours.



IEC 1320/08

Figure F.1 – Distribution du courant d'arc (I) et de ses composantes du circuit d'alimentation (I_{S1} , I_{S2}), le long d'une ligne 145 kV de 100 km de longueur reliant des jeux de barres de 28 kA de courant de court-circuit

Annexe G (informative)

Recommandations pour le rapport d'essai

G.1 Remarque préliminaire

Comme indiqué à l'Article 9, les informations à inclure dans le document d'essai doivent apparaître dans l'ordre suivant:

- 1) une page de garde appropriée;
- 2) le détail complet des caractéristiques assignées par le demandeur des essais;
- 3) une liste des essais effectués et, le cas échéant, une liste des personnes ayant assisté aux essais, et la diffusion du document d'essai.

La suite du document d'essai peut être présentée de manière à suivre les usages du laboratoire d'essai, le format recommandé pour la présentation du rapport étant toutefois indiqué ci-après. L'Annexe H montre un exemple de rapport d'essai.

a) Conditions d'essai

Une description des conditions d'essai, accompagnée d'un schéma du circuit d'essai, doit être donnée. Un plan et/ou une photographie du montage utilisé pour les séquences d'essai, comprenant le positionnement des conducteurs du laboratoire d'essai, doivent être inclus.

b) Résultats des essais

Les résultats de tous les essais doivent être regroupés et ne pas être mélangés avec des photographies ou des copies d'oscillogrammes. Les résultats des essais doivent être suivis, mais pas nécessairement dans l'ordre indiqué, par:

- i) des oscillogrammes (tous les enregistrements relatifs à un même essai et/ou une même séquence d'essais peuvent être regroupés) ou autres représentations d'enregistrements oscillographiques;
- ii) des photographies;
- iii) des plans.

NOTE Avec l'introduction des techniques numériques dans le domaine de l'acquisition et du traitement des données dans les laboratoires d'essai, il est possible d'obtenir des représentations graphiques de grandeurs par des moyens autres que les oscillographes traditionnels.

G.2 Informations générales (page de garde)

- a) Référence ou numéro du rapport
- b) Date et lieu des essais
- c) Numéros des oscillogrammes
- d) Numéros des photographies
- e) Nombre de films (s'il en existe)
- f) Résumé du document

Un exemple est donné en page 1 de l'Annexe H.

G.3 Matériel à l'essai (page des caractéristiques)

- a) Identification
- b) Objet soumis à l'essai
- c) Type
- d) Constructeur
- e) Année de fabrication
- f) Numéros des plans

Les informations b) à e) doivent être données aussi bien pour l'ensemble de l'objet soumis à l'essai que pour chacun de ses composants (isolateurs et accessoires) lorsqu'ils sont fournis par différents constructeurs.

G.4 Caractéristiques assignées par le demandeur

- a) Tension assignée
- b) Courant de court-circuit assigné (I_{sys}) du réseau
- c) Fréquence assignée
- d) Charge mécanique spécifiée
- e) Si nécessaire, d'autres valeurs de caractéristiques spécifiées par les publications CEI appropriées

Un exemple est donné en page 2 de l'Annexe H.

G.5 Liste des essais effectués (page 3)

- a) Numéro de référence de chaque essai
- b) Série d'essais
- c) Circuit d'essai
- d) Séquence d'essais
- e) Date de l'essai
- f) Page(s) des résultats
- g) Informations additionnelles (par exemple une liste des personnes ayant assisté aux essais, la diffusion des documents d'essai, etc.)

Un exemple est donné en page 3 de l'Annexe H.

G.6 Informations préliminaires

- a) Documents de référence (par exemple normes, exigences spécifiques, dossiers d'identification, etc.)
- b) Description succincte du matériel à l'essai (par exemple nombre d'isolateurs, type de conducteur, etc.)

G.7 Conditions d'essai

G.7.1 Source de puissance

Description succincte et/ou plan schématique de la source de puissance et des points de mesure.

G.7.2 Valeurs d'essai

- a) Tension à vide de la source de puissance
- b) Fréquence de la source de puissance
- c) Valeurs des courants et des durées spécifiées pour les essais, déterminées à partir du courant de court-circuit assigné du réseau (I_{sys}) et des indications de l'Article 10
- d) Conditions atmosphériques à la hauteur et au voisinage de la chaîne équipée (par exemple vitesse et direction du vent, pression atmosphérique, pluie, humidité, température, etc.)

G.7.3 Montage d'essai

- a) Description succincte de l'installation d'essai fournie conformément aux articles appropriés de cette norme (par exemple longueur des conducteurs, circuit équilibré ou déséquilibré, dimension du pylône utilisé, nombre et localisation des entretoises de faisceaux de câbles, etc.).
- b) Valeur de la charge mécanique appliquée au matériel à l'essai.
- c) Caractéristiques du fil fusible utilisé pour initier l'arc, et manière et position de fixation du fil fusible sur la chaîne d'isolateurs équipée.

G.8 Résultats d'essais

Pour chaque essai:

- a) Valeur efficace de la composante alternative du courant sur la durée réelle de l'essai (voir Annexe B).
- b) Valeur du courant de crête (première grande boucle).
- c) Durée de l'essai.
- d) Valeur de $I \times t$.
- e) Observations faites pendant et après l'essai.

Pour la séquence d'essais complète:

- i) Intervalle de temps entre les essais.
- ii) Résultats de l'examen visuel conformément à 10.2.

Il convient de mentionner explicitement tous les cas pour lesquels les exigences de la présente norme ne sont pas strictement respectées, ainsi que tous les écarts.

G.9 Relevés oscillographiques et autres relevés

Des oscillogrammes ou équivalents de tous les essais doivent être réalisés et inclus dans le document d'essai. Il convient d'enregistrer les grandeurs suivantes pour la totalité de la durée de l'essai :

- a) courant(s);
- b) tension d'arc.

NOTE Avec l'introduction des techniques numériques dans le domaine de l'acquisition et du traitement des données dans les laboratoires d'essai, il est possible d'obtenir des représentations graphiques de grandeurs par des moyens autres que les oscillographes traditionnels.

G.10 Photographies et cinématographie

Il convient de prendre des photographies afin d'illustrer le montage d'essai général pour les différentes séquences d'essais et afin de montrer l'état du matériel après chaque séquence d'essais. Des photographies de l'état du matériel avant et après chaque essai peuvent être utiles pour illustrer et/ou compléter les observations.

La cinématographie rapide des essais peut être utilisée afin de compléter les observations faites pendant les essais.

Annexe H
(informative)

Exemple de rapport d'essai d'arc de puissance

RAPPORT D'ESSAI N°

Page 1

Matériel :

Désignation : Tension assignée kV
Courant de court-circuit assigné kA
Fréquence assignée Hz

Constructeur :

Objet des essais : ESSAIS D'ARC DE PUISSANCE

Demandeur des essais :

Dates et lieu des essais :

Les essais ont été effectués conformément à : CEI 61467 (*Édition/Année*)

Le comportement du matériel soumis à l'essai et les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux de résultats, oscillogrammes et photographies ci-joints.

Le rapport est composé des documents suivants:

Matériel à l'essai	: page 2	Liste des essais effectués	: page 3
Conditions d'essai	: page	Tableaux et résultats des essais	: page
Oscillogrammes	: n°	Photographies	: n°
Film	v		

Le présent rapport comprend ... pages et feuilles jointes.

La reproduction du présent rapport d'essai est autorisée uniquement

Le responsable des essais,
M. Aaa

Date:
Le Chef de laboratoire,
M. Bbb

MATERIEL SOUMIS A L'ESSAI*Exemple de rapport d'essai d'arc de puissance: Page 2***IDENTIFICATION**

- . Objet(s) soumis à l'essai :
- . Type(s) :
- . Constructeur(s) :
- . Année de fabrication :
- . Numéro(s) des plans :

CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

- . Tension assignée : kV
- . Courant de court-circuit assigné (I_{sys}) : kA
- . Fréquence assignée : Hz
- . Charge mécanique spécifiée : kN

LISTE DES ESSAIS EFFECTUES *Exemple de rapport d'essai d'arc de puissance: Page 3*

Numéro d'essai	Série d'essais	Circuit d'essai	Séquence d'essais	Date	Page
1 2 3	X	A	$I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 0,2 s$ $I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 0,2 s$ $I_n = 0,2 I_{sys}; t_n = 1 s$	jj/mm/aa	N° p

- Les essais ont été suivis par :
- le (ou les) représentant(s) du demandeur :
 - le (ou les) représentant(s) du constructeur :
 - le (ou les) ingénieur(s) d'essai :

Diffusion:

Bibliographie

CEI 60050(471): *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 471: Isolateurs*

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

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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