

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



## Surge arresters –

**Part 8: Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA) for overhead transmission and distribution lines of a.c. systems above 1 kV**

## Parafoudres –

**Partie 8: Parafoudres à oxyde métallique avec éclateur extérieur en série (EGLA) pour lignes aériennes de transmission et de distribution de réseaux à courant alternatif de plus de 1 kV**



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2011 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](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

## About the IEC

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

## About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

## Surge arresters –

**Part 8: Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA) for overhead transmission and distribution lines of a.c. systems above 1 kV**

## Parafoudres –

**Partie 8: Parafoudres à oxyde métallique avec éclateur extérieur en série (EGLA) pour lignes aériennes de transmission et de distribution de réseaux à courant alternatif de plus de 1 kV**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XB**

---

ICS 29.240.10

ISBN 978-2-88912-312-4

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references .....	8
3 Terms and definitions .....	9
4 Identification and classification .....	11
4.1 EGLA identification.....	11
4.2 EGLA classification .....	12
5 Standard ratings and service conditions .....	12
5.1 Standard rated voltages .....	12
5.2 Standard rated frequencies .....	13
5.3 Standard nominal discharge currents .....	13
5.4 Service conditions .....	13
5.4.1 Normal service conditions.....	13
5.4.2 Abnormal service conditions .....	13
6 Requirements.....	13
6.1 Insulation withstand of the SVU and the complete EGLA .....	13
6.1.1 Insulation withstand of the housing of the SVU .....	13
6.1.2 Insulation withstand of EGLA with shorted (failed) SVU .....	13
6.2 Residual voltages.....	14
6.3 High current duty.....	14
6.4 Lightning discharge capability .....	14
6.5 Short-circuit performance of the SVU .....	14
6.6 Mechanical performance .....	14
6.7 Weather aging of SVU.....	15
6.8 Reference voltage of the SVU .....	15
6.9 Internal partial discharges .....	15
6.10 Coordination between insulator withstand and EGLA protective level .....	15
6.11 Follow current interrupting.....	15
6.12 Electromagnetic compatibility .....	15
6.13 End of life.....	16
7 General testing procedure .....	16
7.1 Measuring equipment and accuracy .....	16
7.2 Test samples.....	16
8 Type tests .....	16
8.1 General.....	16
8.2 Insulation withstand tests on the SVU housing and on the EGLA with failed SVU .....	17
8.2.1 General .....	17
8.2.2 Insulation withstand test on the SVU housing .....	17
8.2.3 Insulation withstand tests on EGLA with failed SVU.....	18
8.3 Residual voltage tests .....	19
8.3.1 General .....	19
8.3.2 Procedure for correction and calculation of inductive voltages .....	19
8.3.3 Lightning current impulse residual voltage test .....	20

8.3.4	High current impulse residual voltage test .....	21
8.4	Standard lightning impulse sparkover test .....	21
8.5	High current impulse withstand test .....	22
8.5.1	Selection of test samples .....	22
8.5.2	Test procedure .....	22
8.5.3	Test evaluation .....	22
8.6	Lightning discharge capability test .....	23
8.6.1	Selection of test samples .....	23
8.6.2	Test procedure .....	23
8.6.3	Test parameters for the lightning impulse discharge capability test .....	23
8.6.4	Measurements during the lightning impulse discharge capability test .....	24
8.6.5	Rated lightning impulse discharge capability .....	24
8.6.6	List of rated charge values .....	24
8.7	Short-circuit tests .....	24
8.7.1	General .....	24
8.7.2	Preparation of the test samples .....	25
8.7.3	Mounting of the test sample .....	26
8.7.4	High-current short-circuit tests .....	27
8.7.5	Low-current short-circuit test .....	29
8.7.6	Evaluation of test results .....	29
8.8	Follow current interrupting test .....	34
8.8.1	General .....	34
8.8.2	"Test method A" .....	34
8.8.3	"Test method B" .....	36
8.9	Mechanical load tests on the SVU .....	38
8.9.1	Bending test .....	38
8.9.2	Vibration test .....	47
8.10	Weather aging tests .....	48
8.10.1	General .....	48
8.10.2	Sample preparation .....	48
8.10.3	Test procedure .....	48
8.10.4	Test evaluation .....	48
8.10.5	Additional test procedure for polymer (composite and cast resin) housed SVUs .....	48
9	Routine tests .....	49
9.1	General .....	49
10	Acceptance tests .....	50
10.1	General .....	50
10.2	Reference voltage measurement of SVU .....	50
10.3	Internal partial discharge test of SVU .....	50
10.4	Radio interference voltage (RIV) test .....	50
10.5	Test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level .....	51
10.5.1	General .....	51
10.5.2	Front-of-wave impulse sparkover test .....	51
10.5.3	Standard lightning impulse sparkover test .....	51
10.6	Follow current interrupting test .....	52
10.6.1	General .....	52
10.6.2	Test procedure .....	52
10.6.3	Test sequence .....	52

10.6.4 Test evaluation .....	52
10.7 Vibration test on the SVU with attached electrode .....	52
10.7.1 Test procedure and test condition .....	53
10.7.2 Test evaluation .....	53
Annex A (informative) Example of a test circuit for the follow current interrupting test .....	54
Annex B (normative) Mechanical considerations .....	55
Bibliography .....	60
Figure 1 – Configuration of an EGLA with insulator and arcing horn .....	7
Figure 2 – Examples of SVU units .....	32
Figure 3 – Short-circuit test setup .....	33
Figure 4 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current .....	34
Figure 5 – Thermo-mechanical test .....	43
Figure 6 – Example of the test arrangement for the thermo-mechanical test and direction of the cantilever load .....	44
Figure 7 – Test sequence of the water immersion test .....	45
Figure A.1 – Example of a test circuit for the follow current interrupting test .....	54
Figure B.1 – Bending moment – Multi-unit SVU .....	55
Figure B.2 – SVU unit .....	57
Figure B.3 – SVU dimensions .....	58
Table 1 – EGLA classification – “Series X” and “Series Y” .....	12
Table 2 – Steps of rated voltages (r.m.s. values) .....	12
Table 3 – Type tests (all tests to be performed without insulator assembly) .....	17
Table 4 – Test requirements .....	30
Table 5 – Required currents for short-circuit tests .....	31
Table 6 – Acceptance tests .....	50
Table 7 – Virtual steepness of wave front of front-of-wave lightning impulses .....	51

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SURGE ARRESTERS –****Part 8: Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA)  
for overhead transmission and distribution lines  
of a.c. systems above 1 kV**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 60099-8 has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

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

FDIS	Report on voting
37/370/FDIS	37/377/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.

A list of all parts of IEC 60098 series, under the general title *Surge arresters* can be found on the IEC website.

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

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

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

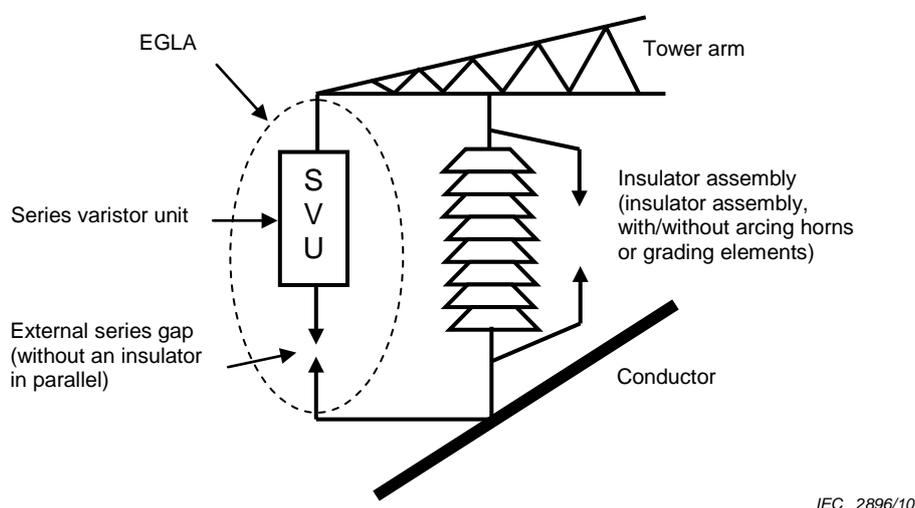
## INTRODUCTION

This part of IEC 60099 applies to the externally gapped line arrester (EGLA)

This type of surge arrester is connected directly in parallel with an insulator assembly. It comprises a series varistor unit (SVU), made up from non-linear metal-oxide resistors encapsulated in a polymer or porcelain housing, and an external series gap, see Figure 1.

The purpose of an EGLA is to protect the parallel-connected insulator assembly from lightning-caused overvoltages. The external series gap, therefore, should spark over only due to fast-front overvoltages. The gap should withstand all power-frequency and slow-front overvoltages occurring on the system.

In the event of SVU failure, the external series gap should be able to isolate the SVU from the system.



**Figure 1 – Configuration of an EGLA with insulator and arcing horn**

## SURGE ARRESTERS –

### Part 8: Metal-oxide surge arresters with external series gap (EGLA) for overhead transmission and distribution lines of a.c. systems above 1 kV

#### 1 Scope

This part of IEC 60099 covers metal-oxide surge arresters with external series gap (externally gapped line arresters (EGLA) that are applied on overhead transmission and distribution lines, only to protect insulator assemblies from lightning-caused flashovers.

This standard defines surge arresters to protect the insulator assembly from lightning-caused overvoltages only. Therefore, and since the metal-oxide resistors are not permanently connected to the line, the following items are not considered for this standard:

- switching impulse sparkover voltage;
- residual voltage at steep current and switching current impulse;
- thermal stability;
- long-duration current impulse withstand duty;
- power-frequency voltage versus time characteristics of an arrester;
- disconnecter test;
- aging duties by power-frequency voltage.

Considering the particular design concept and the special application on overhead transmission and distribution lines, some unique requirements and tests are introduced, such as the verification test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level, the follow current interrupting test, mechanical load tests, etc.

Designs with the EGLA's external series gap installed in parallel to an insulator are not covered by this standard.

#### 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 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2:1994, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test kA: Salt mist*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60099-4:2009, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC/TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC 62217:2005, *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V – General definitions, test methods and acceptance criteria*

ISO 3274, *Geometric product specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

ISO 4287, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters*

ISO 4892-1, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 1: General Guidance*

ISO 4892-2, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc sources*

ISO 4892-3, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV lamps*

### 3 Terms and definitions

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

#### 3.1

##### **externally gapped line arrester**

##### **EGLA**

arrester designed for installation on overhead lines to protect an insulator assembly from lightning-caused fast-front overvoltages only

NOTE This is accomplished by rising the sparkover level of the external series gap to a level that isolates the arrester from power-frequency overvoltages and from the worst case slow-front overvoltages due to switching and fault events expected on the line to which it is applied.

#### 3.2

##### **series varistor unit**

##### **SVU**

non-linear metal-oxide resistor part, contained in a housing, which must be connected with an external series gap to construct the complete arrester

NOTE The series varistor unit may include several units.

#### 3.3

##### **section of an EGLA**

complete, suitably assembled part of a complete EGLA necessary to represent the behaviour of a complete EGLA with respect to a particular test

#### 3.4

##### **section of an SVU**

complete, suitably assembled part of an SVU unit necessary to represent the behaviour of an SVU with respect to a particular test

### 3.5

#### unit of an SVU

completely housed part of an SVU which may be connected in series and/or in parallel with other units of an SVU to construct, in combination with the external series gap, an EGLA of higher voltage and/or current rating

### 3.6

#### rated voltage of an EGLA

$U_r$

maximum permissible r.m.s. value of power-frequency voltage between the EGLA terminals, at which it is designed to operate correctly

NOTE 1 The rated voltage is used as a reference parameter for the specification of operating and current interrupting characteristics.

NOTE 2 Different to the rated voltage of gapless (line) arresters, the rated voltage of an EGLA is a voltage that may be applied continuously.

### 3.7

#### reference voltage of an SVU

$U_{ref}$

peak value of power-frequency voltage divided by  $\sqrt{2}$ , which should be applied to the SVU to obtain the reference current

NOTE The reference voltage of a multi-unit SVU is the sum of the reference voltages of the individual units.

### 3.8

#### reference current of an SVU

$I_{ref}$

peak value (the higher peak value of the two polarities if the current is asymmetrical) of the resistive component of a power-frequency current used to determine the reference voltage of the SVU

NOTE 1 The reference current should be high enough to make the effects of stray capacitances at the measured reference voltage of the SVU units negligible. It is to be specified by the manufacturer.

NOTE 2 Depending on the nominal discharge current of the EGLA, the reference current will be typically in the range of 0,05 mA to 1,0 mA per square centimetre of metal-oxide resistor area for a single column SVU.

### 3.9

#### rated short-circuit current of an SVU

$I_s$

r.m.s. value of the highest short-circuit current under which the SVU will not fail in a manner that causes violent shattering of the housing and under which self-extinguishing of open flames (if any) will occur within a defined period of time

### 3.10

#### residual voltage of an EGLA

peak value of voltage that appears across the terminal-to-terminal length of the EGLA including series gap and connection leads during the passage of discharge current

### 3.11

#### residual voltage of an SVU

peak value of voltage that appears between the terminals of the SVU during the passage of discharge current

### 3.12

#### surface leakage current of an SVU

current that flows on the surface of the SVU

**3.13  
follow current** **$I_{\text{follow}}$** 

the current immediately following an impulse through an EGLA with the power-frequency voltage as the source

**3.14  
specified long-term load of an SVU  
SLL**

mechanical force perpendicular to the longitudinal axis of an SVU, allowed to be continuously applied during service without causing any mechanical damage to the SVU

**3.15  
specified short-term load of an SVU  
SSL**

greatest mechanical force perpendicular to the longitudinal axis of an SVU, allowed to be applied during service for short periods and for relatively rare events (for example, short-circuit current loads and extreme wind gusts) without causing any mechanical damage to the SVU

**3.16  
mean breaking load of an SVU  
MBL**

the average breaking load for porcelain or cast resin-housed SVUs determined from tests

**3.17  
high current impulse**

peak value of discharge current having a 4/10 or 2/20 impulse shape, which is used to test the withstand capability of the SVU on extreme lightning occasions

**3.18  
salt deposit density  
SDD**

the amount of salt in the deposit on a given surface of the SVU housing, divided by the area of this surface; generally expressed in mg/cm<sup>2</sup>

**3.19  
verification test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level**

test used to verify that the EGLA will exhibit correct sparkover operation and clamp the overvoltage caused by lightning considerably lower than the flashover voltage of the parallel-connected insulator assembly

**3.20  
vibration withstand test**

test to verify that the SVU and its connectors can withstand the specified mechanical vibration levels

**4 Identification and classification****4.1 EGLA identification**

An EGLA shall be identified by the following minimum information, which shall appear on a nameplate permanently attached to the arrester:

- rated voltage  $U_r$  in kV;
- rated frequency in Hz, only if it is less than 48 Hz or larger than 62 Hz;
- classification series information (examples: "X1", "Y2");

- rated short-circuit current  $I_s$  in kA;
- manufacturer's name or trade mark;
- year of manufacture;
- serial number (at least for arresters for  $U_m > 52$  kV);
- lightning discharge capability (only charge value) in C; example: "8 C".

Information on required gap spacing including tolerances shall be given in an appropriate way, for example in the manual.

#### 4.2 EGLA classification

EGLAs are classified by their nominal discharge currents and their high current impulse withstand capabilities as per Table 1, and they shall meet at least the test requirements and performance characteristics specified in Table 3. These arresters have no operating duties for slow-front surges and power-frequency overvoltages.

**Table 1 – EGLA classification – “Series X” and “Series Y”**

Series X					Series Y				
Class name	X1	X2	X3	X4	Class name	Y1	Y2	Y3	Y4
Nominal discharge current (kA), 8/20	5	5	10	20	Nominal discharge current (kA), 2/20	5	10	15	20
High current impulse (kA), 4/10	40	65	100	100	High current impulse (kA), 2/20	10	25	40	65
<p>NOTE 1 "Series X" corresponds to the classification used in IEC 60099-4. A nominal discharge current of 8/20 wave shape and a high current impulse of 4/10 wave shape are used in IEC and in IEEE standards. "Series Y" corresponds to the classification applied e.g. in Japan on shielded line applications. Specification of wave shape 2/20 both for the nominal discharge current and for the high current impulse is based on this special application.</p> <p>NOTE 2 According to service conditions, other high current impulse values than those specified in this table may be applied.</p>									

### 5 Standard ratings and service conditions

#### 5.1 Standard rated voltages

Standard values of rated voltages (r.m.s. values) are specified in Table 2 in equal voltage steps within specified voltage ranges.

**Table 2 – Steps of rated voltages (r.m.s. values)**

Range of rated voltages (kV)	Steps of rated voltage (kV)
3 - 30	1
> 30 - 54	3
> 54 - 96	6
> 96 - 288	12
> 288 - 396	18
> 396	24
NOTE Other values of rated voltage may be acceptable, provided they are multiples of 6.	

## 5.2 Standard rated frequencies

The standard rated frequencies are 48 Hz to 62 Hz.

## 5.3 Standard nominal discharge currents

The standard nominal discharge currents for 8/20 or 2/20 shapes are: 5 kA, 10 kA, 15 kA and 20 kA.

## 5.4 Service conditions

### 5.4.1 Normal service conditions

EGLAs which conform to this standard shall be suitable for normal operation under the following normal service conditions:

- a) ambient air temperature within the range of  $-40\text{ °C}$  to  $+40\text{ °C}$ ;
- b) altitude not exceeding 1000 m;
- c) frequency of the a.c. power supply not less than 48 Hz and not more than 62 Hz;
- d) power-frequency voltage applied continuously between the terminals of the EGLA not exceeding its rated voltage;
- e) mechanical conditions: not specified (see NOTE);
- f) wind speed: not specified (see NOTE);
- g) pollution conditions: pollution by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt may occur; pollution does not exceed "heavy" as defined in IEC/TS 60815-1.

NOTE It is recognized that mechanical and environmental issues are important for service, but due to the large variety of possible installation configurations it is not possible to provide standard values for items e) and f).

### 5.4.2 Abnormal service conditions

Surge arresters subject to other than normal application or service conditions may require special consideration in design, manufacture or application. The use of this standard in case of abnormal service conditions shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

## 6 Requirements

### 6.1 Insulation withstand of the SVU and the complete EGLA

#### 6.1.1 Insulation withstand of the housing of the SVU

The housing of the SVU shall withstand a lightning impulse voltage of

- a) for "Series X": 1,4 times the residual voltage at the nominal discharge current
- b) for "Series Y": 1,13 times the residual voltage at high current impulse, but not less than 1,3 times the residual voltage at nominal discharge current

NOTE The factor of 1,4 in case a) covers variations in atmospheric conditions and discharge currents up to three times the nominal discharge current.

#### 6.1.2 Insulation withstand of EGLA with shorted (failed) SVU

The EGLA shall have the following insulation withstand performance:

- a) the EGLA shall withstand the specified switching impulse withstand voltage level of the system even if the SVU has been shorted due to overloading (failure);

- b) the EGLA shall be able to withstand the maximum temporary overvoltages phase to ground for their maximum durations even if the SVU has been shorted due to overloading (failure).

## 6.2 Residual voltages

The purpose of the measurement of residual voltages is to obtain the maximum residual voltages for a given design for all specified currents and wave shapes. These are derived from the type test data and from the maximum residual voltage at a lightning impulse current used for routine tests as specified and published by the manufacturer.

The maximum residual voltage of a given EGLA design for any current and wave shape is calculated from the residual voltage of SVU sections tested during type tests multiplied by a specific scale factor plus a calculated inductive voltage drop across the SVU, the gap and connection leads. The scale factor is equal to the ratio of the declared maximum residual voltage, as checked during the routine tests, to the measured residual voltage of the sections at the same current and wave shape.

The value of the residual voltage of the EGLA at nominal discharge current and at high current impulse, respectively, multiplied by a factor as given in 6.1.1, shall be lower than the minimum flashover voltage of the insulator assembly to be protected.

## 6.3 High current duty

The capability of the SVU for discharging operations shall be demonstrated by injecting two high current impulses.

## 6.4 Lightning discharge capability

The capability of the metal-oxide resistors to withstand lightning discharges having current waveforms with durations of several tens of microseconds for arresters applied on shielded lines and several hundreds of microseconds for arresters on unshielded lines shall be demonstrated. The related test also covers effects of multiple lightning strikes.

## 6.5 Short-circuit performance of the SVU

The manufacturer shall claim a short-circuit rating of the SVU. The short-circuit currents according to this rating shall not cause violent shattering of the SVU, and any open flames shall self-extinguish in a given time.

NOTE The gap is not subject of the short-circuit tests on the SVU, and its short-circuit performance should be verified separately. The gap should be able to maintain its mechanical integrity after having been subjected to the rated short-circuit current of the EGLA, and its sparkover voltage should not be decreased.

## 6.6 Mechanical performance

For the EGLA to be mounted on transmission towers or poles, mechanical performance to withstand tensile, bending and/or vibration loads due to wind pressure, conductor vibration abnormal load during installation work and moisture ingress shall be demonstrated.

The applicable values of tensile and bending loads shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

The SVU shall be able to withstand the vibration load to be expected in service.

NOTE The complete EGLA including gap assembly and mounting structure should be able to withstand at least the same mechanical stress.

## 6.7 Weather aging of SVU

The SVU must be able to withstand the environmental stress expected in service. Environmental tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the SVU are not impaired by environmental conditions. For SVUs with polymer (composite and cast resin) housings, resistance to UV radiation has to be demonstrated in addition.

NOTE A revision of the UV test is currently under consideration by Cigré WG D1.14.

## 6.8 Reference voltage of the SVU

The reference voltage ( $U_{ref}$ ) of the SVU shall be measured at the reference current on sections and units when required. The measurement shall be performed at an ambient temperature of  $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ , and the actual temperature shall be recorded.

NOTE As an acceptable approximation, the instantaneous value of the current at the instant of voltage peak may be taken to correspond to the peak value of the resistive component of current.

## 6.9 Internal partial discharges

The level of internal partial discharges in the SVU in the tests according to 9.1 and 10.3 shall not exceed 10 pC.

## 6.10 Coordination between insulator withstand and EGLA protective level

The correct coordination between flashover characteristics of the insulator assembly, the sparkover voltage of the EGLA with front-of-wave and standard lightning impulses and the residual voltage of the EGLA at nominal discharge current and, for "Series Y" arresters, at high current impulse shall be demonstrated.

Any sparkover operation for lightning impulse voltage shall occur in the external series gap of the EGLA, without causing any flashover of the insulator assembly to be protected.

The value of

- for "Series X": 1,4 times the residual voltage at the nominal discharge current according to Table 1 and 8.3.3;
- for "Series Y": 1,13 times the residual voltage at high current impulse, but not less than 1,3 times the residual voltage at nominal discharge current according to Table 1 and 8.3.3 and 8.3.4

must be lower than  $U_{50, \text{Insulator}}$  minus  $X$  times the standard deviation, ( $U_{50, \text{Insulator}} - X \cdot \sigma$ ), of the insulator assembly to be protected, where  $\sigma = 0,03$  and  $X$  is to be agreed upon between manufacturer and user, a recommended value being  $X = 2,5$ .

## 6.11 Follow current interrupting

Follow current interrupting operation of the EGLA under wet and polluted conditions shall be demonstrated by a test procedure which takes these operating conditions into account. Performing a follow current interrupting test is mandatory, either as a type test according to 8.8 or as an acceptance test according to 10.6.

## 6.12 Electromagnetic compatibility

Arresters are not sensitive to electromagnetic disturbances, and therefore no immunity test is necessary.

In normal working operating conditions, the EGLA shall not emit significant disturbances. A radio interference voltage test (RIV) shall be applied as an acceptance test to the complete

EGLA (see 10.4). The maximum radio interference level of the EGLA energized at the maximum continuous phase to ground system voltage ( $U_g/\sqrt{3}$ ) shall not exceed 2 500  $\mu\text{V}$ .

### 6.13 End of life

On request from users, each manufacturer shall give enough information so that all the arrester components may be scrapped and/or recycled in accordance with international and national regulations.

## 7 General testing procedure

### 7.1 Measuring equipment and accuracy

The measuring equipment shall meet the requirements of IEC 60060-2 and IEC 60099-4. The values obtained shall be accepted as accurate for the purpose of compliance with the relevant test clauses.

Unless stated elsewhere, all tests with power-frequency voltages shall be made with an alternating voltage having a frequency between the limits of 48 Hz and 62 Hz and an approximately sinusoidal wave shape.

### 7.2 Test samples

Unless otherwise specified, for each test item, the complete test sequence shall be carried out on the same test sample. The number of test samples is given in Table 3. The test samples shall be new, clean, completely assembled and arranged to simulate the condition in service.

When tests are made on sections or units, the following shall be fulfilled:

- a) The ratio between rated voltage of the complete EGLA to the rated voltage of the section or unit is defined as  $n$ .
- b) The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete EGLA divided by  $n$ .
- c) The reference voltage  $U_{\text{ref}}$  of the SVU of the test section should be equal to the minimum reference voltage of the SVU of the EGLA divided by  $n$ . If the reference voltage of the SVU of the test section is greater than the minimum reference voltage of the SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the factor  $n$  shall be reduced correspondingly. If the reference voltage of the SVU of the test section is less than the minimum reference voltage of the SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the test section is not allowed to be used.

The factor  $n$  of the test samples shall be recorded in the test report.

## 8 Type tests

### 8.1 General

Table 3 identifies the type tests that shall be performed on the complete EGLA or on components of the EGLA.

**Table 3 – Type tests (all tests to be performed without insulator assembly)**

Test item	Number of test samples	EGLA	Section of EGLA	Unit of SVU	Section of SVU	Clause number
Insulation withstand tests						
1.1 Housing withstand test of SVU	1			Test		8.2.2
1.2 EGLA withstand test with failed SVU	1	Test				8.2.3
2. Residual voltage tests	3				Test	8.3
3. Standard lightning impulse sparkover test <sup>a)</sup>	1	Test				8.4
4. High current impulse withstand test	3				Test	8.5
5. Lightning discharge capability test	3				Test	8.6
6. Short-circuit tests	4 or 5			Test		8.7
7. Follow current interrupting test <sup>b)</sup>	1	Test <sup>c)</sup>	Test <sup>c)</sup>			8.8
8. Bending test	3 or 6			Test		8.9.1
9. Vibration test <sup>d)</sup>	1			Test <sup>e)</sup>		8.9.2
10. Weather aging test	1			Test		8.10
<sup>a)</sup> This test is mandatory if not performed as an acceptance test in accordance with 10.5. <sup>b)</sup> This test is mandatory if not performed as an acceptance test in accordance with 10.6. <sup>c)</sup> This test is performed either on a complete EGLA or a section of an EGLA, see 8.8.2. <sup>d)</sup> This test is mandatory if not performed as an acceptance test in accordance with 10.7. <sup>e)</sup> The vibration test is performed on one complete SVU, see 8.9.2.1						

## 8.2 Insulation withstand tests on the SVU housing and on the EGLA with failed SVU

### 8.2.1 General

These tests demonstrate the lightning impulse withstand voltage of the SVU housing under dry conditions and the withstand voltage of the EGLA against the maximum expected switching surge and power-frequency overvoltages in the system under wet conditions if the SVU had failed and is shorted.

### 8.2.2 Insulation withstand test on the SVU housing

#### 8.2.2.1 General

This test demonstrates the dielectric withstand capability of the external housing of the SVU against lightning impulse voltages.

#### 8.2.2.2 Test procedure

The SVU housing shall be subjected to a standard lightning impulse voltage dry test according to procedure A or B in 20.1 of IEC 60060-1.

The test shall be performed on the SVU housing with the highest specific voltage stress per unit length. The non-linear metal-oxide resistors shall be removed or replaced by parts of insulating material.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity.

**Test voltage:**

- a) for "Series X": 1,4 times the residual voltage at the nominal discharge current according to Table 1 and 8.3.3.
- b) for "Series Y": 1,13 times the residual voltage at high current impulse, but not less than 1,3 times the residual voltage at nominal discharge current according to Table 1 and 8.3.3 and 8.3.4.

If the dry arcing distance or the sum of the partial dry arcing distances is larger than the test voltage divided by 500 kV/m, this test is not required

**Evaluation:** The SVU shall be considered to have passed the test if the number of external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses.

**8.2.3 Insulation withstand tests on EGLA with failed SVU**

**8.2.3.1 General**

A switching impulse wet withstand voltage test and a power-frequency wet withstand voltage test shall be performed simulating a failed SVU. The purpose of these tests is to demonstrate that no sparkover under switching surge and power-frequency overvoltages will occur if, as the worst case scenario, the SVU is shorted by a failure.

**8.2.3.2 Switching impulse wet withstand voltage test**

**Test procedure**

The test procedure shall be as follows:

**Test sample:** EGLA with shorted SVU. The failed SVU shall be simulated by shorting the SVU with a metal wire, while the electrode condition shall be specified after agreement between the manufacturer and the purchaser. The minimum external series gap length for the test shall be specified by the manufacturer.

**Test voltage and test condition:**

- a) The withstand voltage value shall be claimed by the manufacturer or determined by agreement between the manufacturer and the purchaser, considering the actual switching impulse withstand voltage level of the line.
- b) The 50% flashover voltage ( $U_{50, EGLA}$ ) is measured by the up-and-down method in accordance with IEC 60060-1 for each polarity on the EGLA with the SVU shorted. The wave shape of the test voltage shall be 250/2500.
- c) The characteristic of the rain shall be in accordance with the requirements of IEC 60060-1.

**Evaluation:** The withstand voltage of the EGLA is determined as

$$U_{10, EGLA} = U_{50, EGLA} (1 - 1,3 \sigma),$$

calculated from the measured 50% flashover voltage and the standard deviation  $\sigma$ , which is assumed to be 6% ( $\sigma = 0,06$ ) for switching impulse voltage. The EGLA has passed the test if the withstand value is equal to or higher than the claimed or agreed value.

NOTE For a normal distribution, as assumed here, the 10% probability value results from the 50% probability value minus 1,3 times the standard deviation.

**8.2.3.3 Power-frequency wet withstand voltage test**

The test procedure shall be as follows:

**Test sample:** EGLA with shorted SVU. The failed SVU shall be simulated by shorting the SVU with a metal wire. The minimum external series gap length and the conditions of the gap electrodes shall be specified by the manufacturer or agreed upon between the manufacturer and the user.

**Test voltage and test condition:**

- a) The power-frequency wet withstand voltage test shall be performed in accordance with IEC 60060-1 on the EGLA with the SVU shorted.
- b) The test voltage shall be 1,2 times the rated voltage of the EGLA.
- c) The characteristic of the rain shall be in accordance with the requirements of IEC 60060-1.

**Evaluation:** The EGLA has passed the test if the sample withstands the test voltage for one minute.

### 8.3 Residual voltage tests

#### 8.3.1 General

This test demonstrates that the residual voltages of the SVU and complete EGLA under lightning impulses are in accordance with the claimed values. All residual voltage tests shall be made on the same three sections of an SVU. The time between discharges shall be sufficient to allow the samples to return to approximately ambient temperature. The residual voltage of the EGLA is calculated from the measured residual voltage of the SVU sections times a scale factor plus a calculated inductive voltage drop across the SVU, the gap and the connection leads. The residual voltage of the SVU is calculated from the measured residual voltage of the SVU sections times a scale factor plus a calculated inductive voltage drop across the SVU.

#### 8.3.2 Procedure for correction and calculation of inductive voltages

In case of current wave shape 2/20, the following procedure shall be used to determine if an inductive correction is required. A current impulse as described above shall be applied to a metal block having the same dimensions as the resistor samples being tested. The peak value and the shape of the voltage appearing across the metal block shall be recorded. If the peak voltage on the metal block is less than 2 % of the peak voltage of the resistor samples, no inductive correction to the resistor measurements is required. If the peak voltage on the metal block is between 2 % and 20 % of the peak voltage on the resistor sample, then the impulse shape of the metal block voltage shall be subtracted from the impulse shape of each of the resistor voltages, and the peak values of the resulting impulse shapes shall be recorded as the corrected resistor voltages. If the peak voltage on the metal block is higher than 20 % of the peak voltage on the resistor samples the test circuit and the voltage measuring circuit shall be improved.

NOTE A possible way to achieve identical current wave shapes during all measurements is to perform them with both the test sample and the metal block in series in the test circuit. Only their positions relative to each other need to be interchanged for measuring the voltage drop on the metal block or on the test sample.

The sample impulse voltage wave shape (corrected if necessary) with the highest peak value shall be used to determine the current impulse residual voltage of the SVU and the complete EGLA, respectively, according to one of the following procedures a) or b):

#### Procedure a)

- 1) Multiply the sample impulse voltage wave shape by the scale factor (see 6.2).
- 2) From the wave shape of the current impulse, determine the rate of change of current ( $di/dt$ ) over the entire wave shape and multiply it by the inductance in order to determine the inductive voltage drop:

$$u(t) = L \cdot \frac{di}{dt} = L' \cdot h \cdot \frac{di}{dt}$$

where

$u(t)$  is the inductive voltage drop in kV as a function of time;

$L'$  is the inductance per unit length in  $\mu\text{H}/\text{m}$ ;  $L' = 1 \mu\text{H}/\text{m}$ ;

$h$  is either the terminal-to-terminal length in m of the SVU or of the complete EGLA including series gap and connection leads;

$di/dt$  is the rate of change of current with time in  $\text{kA}/\mu\text{s}$ .

- 3) Add the results of 1) and 2) on a wave shape basis; the peak value of the resulting wave shape shall be taken as the actual current impulse residual voltage of the arrester.

#### Procedure b)

- 1) Multiply the peak value of the sample impulse voltage by the scale factor (see 6.2).
- 2) Determine the inductive voltage drop between the arrester terminals using the following formula:

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} = L' \cdot h \cdot \frac{I_d}{T_f}$$

where

$U_L$  is the peak value of the inductive voltage drop in kV;

$L'$  is the inductance per unit length in  $\mu\text{H}/\text{m}$ ;  $L' = 1$ ;

$h$  is either the terminal-to-terminal length in m of the SVU or of the complete EGLA including series gap and connection leads;

$T_f$  is the front time of the current impulse in  $\mu\text{s}$ ;  $T_f = 2$ ;

$I_d$  is the actual discharge current amplitude in kA.

- 3) Add the results of 1) and 2); the resulting value shall be taken as the actual current impulse residual voltage of the arrester.

#### 8.3.3 Lightning current impulse residual voltage test

One lightning current impulse shall be applied to each of the three samples for each of the following three peak values of approximately 0,5, 1 and 2 times the nominal discharge current of the EGLA. Wave shape of the current shall be 8/20 for "Series X" arresters and 2/20 for "Series Y" arresters according to Table 1.

For the current impulses the tolerances on the adjustment of the equipment shall be such that the measured values of the current impulses are within the following limits:

- a) for 2/20 current impulses:
  - from 1,7  $\mu\text{s}$  to 2,3  $\mu\text{s}$  for virtual front time;
  - from 18  $\mu\text{s}$  to 22  $\mu\text{s}$  for virtual time to half value on the tail;
- b) for 8/20 current impulses:
  - from 7  $\mu\text{s}$  to 9  $\mu\text{s}$  for virtual front time;
  - from 18  $\mu\text{s}$  to 22  $\mu\text{s}$  for virtual time to half value on the tail.

The lightning impulse residual voltage for "Series Y" arresters is determined as per procedure a) or b) in 8.3.2. For "Series X" arresters, no inductive effects are necessary to consider.

The maximum values of the determined residual voltages shall be drawn in a residual voltage versus discharge current curve.

The value of

- 1,4 times the residual voltage at the nominal discharge current according to Table 1 for "Series X" designs,
- 1,3 times the residual voltage at nominal discharge current according to Table 1 for "Series Y" designs,

shall be lower than the minimum flashover voltage of the insulator assembly to be protected. See also 10.5.3.

NOTE If the routine test cannot be carried out on a complete SVU at nominal discharge current, then tests should be carried out at a current in the range of 0,01 to 1 times the nominal discharge current for comparison with the complete SVU.

#### 8.3.4 High current impulse residual voltage test

This test applies to "Series Y" designs only. One high current impulse of the wave shape 2/20 and a peak value according to Table 1 shall be applied to each of the three samples.

For the current impulses the tolerances on the adjustment of the equipment shall be such that the measured values of the current impulses are within the following limits:

- from 1,7  $\mu$ s to 2,3  $\mu$ s for virtual front time;
- from 18  $\mu$ s to 22  $\mu$ s for virtual time to half value on the tail.

The high current impulse residual voltage is determined as per procedure a) or b) in 8.3.2.

The value of 1,13 times the high current impulse residual voltage shall be lower than the minimum flashover voltage of the insulator assembly to be protected. See also 10.5.3.

#### 8.4 Standard lightning impulse sparkover test

This is a mandatory type test only if not an acceptance test for each specific insulator assembly according to 10.5 is performed. As a type test, it is performed without the insulator assembly.

The purpose of this test is to determine the 50 % sparkover voltage of the EGLA under lightning impulse voltage stress.

The test sample is one EGLA with the maximum gap distance for a given designated system, without the insulator assembly.

Wave shape shall be 1,2/50. The 50 % sparkover voltage ( $U_{50, EGLA}$ ) shall be verified by the up-and-down method according to IEC 60060-1.

NOTE 1 The protective margin between the sparkover voltage of the EGLA and the flashover voltage of the insulator assembly to be protected may be evaluated by  $U_{50, EGLA}$  plus  $X$  times the standard deviation, ( $U_{50, EGLA} + X \cdot \sigma$ ) not being higher than  $U_{50, Insulator}$  minus  $X$  times the standard deviation, ( $U_{50, Insulator} - X \cdot \sigma$ ) of the insulator assembly to be protected, if agreed between manufacturer and user.  $X$  is to be agreed upon between the manufacturer and the user. The standard deviation ( $\sigma$ ) is set to be 3% for 1,2/50 impulses.

NOTE 2 A recommended value for  $X$  is 2,5.

NOTE 3 Experience during testing has shown that the sparkover voltage of the EGLA may be influenced by the close vicinity of the insulator assembly.

## 8.5 High current impulse withstand test

### 8.5.1 Selection of test samples

The test shall be performed on three sections of an SVU. The sections shall have a residual voltage at nominal discharge current at the highest end of the variation range declared by the manufacturer. In order to comply with these specifications the following shall be fulfilled:

- a) The ratio between the residual voltage at nominal discharge current of the complete SVU and the residual voltage at nominal discharge current of the section is defined by  $n$ . The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete SVU divided by  $n$ .
- b) The reference voltage  $U_{ref}$  of the SVU of the test section should be equal to the minimum reference voltage of the SVU of the EGLA divided by  $n$ . If the reference voltage of the SVU of the test section is greater than the minimum reference voltage of SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the factor  $n$  shall be reduced correspondingly. If the reference voltage of the SVU of the test section is less than the minimum reference voltage of SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the test section is not allowed to be used.

### 8.5.2 Test procedure

Two high current impulses of same polarity, having peak values (tolerance  $\begin{matrix} 0 \\ +10 \end{matrix}$  %) and wave shapes according to Table 1, shall be applied to the three sections. Time interval between the impulse applications shall allow the sample to cool to ambient temperature.

The tolerances on the adjustment of the equipment shall be such that the measured values of the current impulses are within the following limits:

- a) for 2/20 current impulses:
  - from 1,7  $\mu$ s to 2,3  $\mu$ s for virtual front time;
  - from 18  $\mu$ s to 22  $\mu$ s for virtual time to half value on the tail;
- b) for 4/10 current impulses:
  - from 3,5  $\mu$ s to 4,5  $\mu$ s for virtual front time;
  - from 9  $\mu$ s to 11  $\mu$ s for virtual time to half value on the tail.

### 8.5.3 Test evaluation

- a) The reference voltage measured before and after the test shall have changed by not more than 10 %.
- b) Any change in residual voltage at nominal discharge current measured before and after the test shall be within (– 2 % to + 5 %).
- c) Visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover and cracking or other significant damage of the test sample. If the metal-oxide resistors cannot be removed from the test samples for visual examination, the following additional tests shall be performed to ensure that no damage occurred during the test. After the residual voltage test (b), two impulses at nominal discharge current shall be applied to the test sample. The first impulse shall be applied after sufficient time to allow cooling of the sample to ambient temperature. The second impulse is applied 50 s to 60 s after the first one. During the two impulses, the oscillograms of both voltage and current shall not reveal any breakdown, and the difference of the residual voltage between the initial measurement before the test and the last of the two impulses after the test shall not exceed a range of (– 2 % to + 5 %).

## 8.6 Lightning discharge capability test

### 8.6.1 Selection of test samples

This test shall be performed on three samples. These samples shall include complete SVUs, SVU sections or metal-oxide resistor elements which have not been subjected to any previous tests except as necessary for evaluation purposes of this test.

The samples to be chosen for the lightning impulse discharge capability test shall have a residual voltage at nominal discharge current at the highest end of the variation range declared by the manufacturer. Furthermore, in the case of multi-column arresters, the highest value of uneven current distribution shall be considered. In order to comply with these specifications the following shall be fulfilled.

- a) The ratio between the residual voltage at nominal discharge current of the complete SVU and the residual voltage at nominal discharge current of the section is defined by  $n$ . The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete SVU divided by  $n$ .
- b) The reference voltage  $U_{ref}$  of the SVU of the test section should be equal to the minimum reference voltage of the SVU of the EGLA divided by  $n$ . If the reference voltage of the SVU of the test section is greater than the minimum reference voltage of SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the factor  $n$  shall be reduced correspondingly. If the reference voltage of the SVU of the test section is less than the minimum reference voltage of SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the test section is not allowed to be used.

### 8.6.2 Test procedure

Before commencing the tests, the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current and the reference voltage of each test sample shall be measured for evaluation purposes.

Each lightning impulse discharge capability test shall consist of 18 discharge operations divided into six groups of three operations. Intervals between operations shall be 50 s to 60 s and between groups such that the sample cools to near ambient temperature.

Following the 18 discharge operations and after the sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests and the reference voltage tests, which were made before the test, shall be repeated for comparison with the values obtained before the test, and the values shall not have changed by more than (– 2 % to + 5 %).

Visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover, cracking or other significant damage of the metal-oxide resistors.

In case of a design where the resistors cannot be removed for inspection, an additional impulse shall be applied after the sample has cooled to ambient temperature. If the sample has withstood this 19th impulse without damage (checked by the oscillographic records) the sample is considered to have passed the test.

### 8.6.3 Test parameters for the lightning impulse discharge capability test

The current peak value is selected by the manufacturer to obtain a particular charge. The current impulse shape shall be approximately sinusoidal. The time duration for which the instantaneous value of the impulse current is greater than 5 % of its peak value shall be within 200  $\mu$ s to 230  $\mu$ s. The peak of any opposite polarity current wave shall be less than 5 % of the peak value of the current. The current peak value of each impulse on each test sample shall lie between 100 % and 110 % of the selected peak value.

#### 8.6.4 Measurements during the lightning impulse discharge capability test

Charge and peak current shall be reported for each impulse as well as the duration of time during which the instantaneous value of the impulse current is greater than 5 % of its peak value. Oscillograms of the typically applied voltage and current waveforms shall be plotted on the same time scale.

#### 8.6.5 Rated lightning impulse discharge capability

Average peak current and charge shall be calculated from the 18 discharge operations.

The rated lightning impulse discharge capability of the arrester is the combination of the following:

- a) the lowest average peak current for any of the 3 test samples;
- b) a charge value selected from the list of 8.6.6 lower than or equal to the lowest average charge for any of the 3 test samples.

#### 8.6.6 List of rated charge values

The following values, expressed in C, are standardized as rated charge values: 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6; 4; 4,4; 4,8; 5,2; 5,6; 6; 6,4; 6,8; 7,2; 7,6; 8; 8,4; 8,8; 9,2; 9,6; 10.

### 8.7 Short-circuit tests

#### 8.7.1 General

The manufacturer shall claim a short-circuit rating of the SVU. SVUs shall be tested in accordance with this subclause. The test shall be performed in order to show that an SVU failure does not result in a violent shattering of the SVU housing, and that self-extinguishing of open flames (if any) occurs within a defined period of time. Each SVU type is tested with four values of short-circuit currents. If the SVU is equipped with some other arrangement as a substitute for a conventional pressure relief device, this arrangement shall be included in the test.

The frequency of the short-circuit test current supply shall be between 48 Hz and 62 Hz.

With respect to short-circuit current performance, it is important to distinguish between two designs of SVUs:

- “Design A” SVUs have a design in which a gas channel runs along the entire length of the SVU unit and fills  $\geq 50$  % of the internal volume not occupied by the internal active parts.
- “Design B” SVUs are of a solid design with no enclosed volume of gas or having an internal gas volume filling  $< 50$  % of the internal volume not occupied by the internal active parts.

NOTE 1 Typically, “Design A” SVUs are porcelain-housed SVUs, or polymer-housed SVUs with a composite hollow insulator which are equipped either with pressure-relief devices, or with prefabricated weak spots in the composite housing which burst or flip open at a specified pressure, thereby decreasing the internal pressure.

Typically, “Design B” SVUs do not have any pressure relief device and are of a solid type with no enclosed volume of gas. If the resistors fail electrically, an arc is established within the SVU. This arc causes heavy evaporation and possibly burning of the housing and/or internal material. These SVUs’ short-circuit performance is determined by their ability to control the cracking or tearing-open of the housing due to the arc effects, thereby avoiding violent shattering.

NOTE 2 “Active parts” in this context are the non-linear, metal-oxide resistors and any metal spacers directly in series with them.

Depending on the type of SVU and test voltage, different requirements apply with regard to the number of test samples, initiation of short-circuit current and amplitude of the first short-

circuit current peak. Table 4 shows a summary of these requirements which are further explained in the following subclauses.

### 8.7.2 Preparation of the test samples

For the high-current tests, the test samples shall be the longest SVU unit used for the design with the highest rated voltage of that unit used for each different SVU design.

For the low-current test, the test sample shall be an SVU unit of any length with the highest rated voltage of that unit used for each different SVU design.

NOTE 1 Figure 2 shows different examples of SVU units.

In case a fuse wire is required, the fuse wire material and size shall be selected so that the wire will melt within the first 30 electrical degrees after initiation of the test current.

NOTE 2 In order to have melting of the fuse wire within the specified time limit and create a suitable condition for arc ignition, it is generally recommended that a fuse wire of a low resistance material (for example copper, aluminium or silver) with a diameter of about 0,2 mm to 0,5 mm be used. Higher fuse-wire cross-sections are applicable to surge SVU units prepared for higher short-circuit test currents. When there are problems in initiating the arc, a fuse wire of larger size but with a diameter not exceeding 1,5 mm, may be used since it will help arc establishment. In such cases, a specially prepared fuse wire, having a larger cross-section along most of the SVU height with a short thinner section in the middle, may also help."

#### 8.7.2.1 "Design A" SVUs

The samples shall be prepared with means for conducting the required short-circuit current using a fuse wire. The fuse wire shall be in direct contact with the MO resistors and be positioned within, or as close as possible to, the gas channel and shall short-circuit the entire internal active part. The actual location of the fuse wire in the test shall be reported in the test report.

No differences with regard to polymer housings or porcelain housings are made in the preparation of the test samples. However, differences partly apply in the test procedure (see 8.7.4.2). In this case, "Design A" SVUs with polymeric sheds which are not made of porcelain or other hollow insulators, and which are as brittle as ceramics, shall be considered and tested as porcelain-housed SVUs.

#### 8.7.2.2 "Design B" SVUs

"Design B" SVUs with polymeric sheds which are not made of porcelain or other mechanically supporting structures, and which are as brittle as ceramics, shall be considered and tested as porcelain-housed SVUs.

##### 8.7.2.2.1 Polymer-housed SVUs

No special preparation is necessary. Standard SVU units shall be used. The SVU units shall be electrically pre-failed with a power-frequency overvoltage. The overvoltage shall be run on completely assembled test units. No physical modification shall be made to the units between pre-failing and the actual short-circuit current test.

The overvoltage given by the manufacturer should be a voltage exceeding the reference voltage. It shall cause the SVU to fail within  $(5 \pm 3)$  min. The resistors are considered to have failed when the voltage across the resistors falls below 10 % of the originally applied voltage. The short-circuit current of the pre-failing test circuit shall not exceed 30 A.

The time between pre-failure and the rated short-circuit current test shall not exceed 15 min.

NOTE The pre-failure can be achieved by either applying a voltage source or a current source to the samples.

- Voltage source method: the initial current should typically be in the range 5-10 mA/cm<sup>2</sup>. The short-circuit current should typically be between 1 A and 30 A. The voltage source need not be adjusted after the initial setting, although small adjustments might be necessary in order to fail the resistors in the given time range.
- Current source method: Typically a current density of around 15 mA/cm<sup>2</sup> with a variation of ± 50 %, will result in failure of the resistors in the given time range. The short-circuit current should typically be between 10 A and 30 A. The current source need not be adjusted after the initial setting, although small adjustments might be necessary in order to fail the resistors in the given time range.

#### 8.7.2.2.2 Porcelain-housed SVUs

The samples shall be prepared with means for conducting the required short-circuit current using a fuse wire. The fuse wire shall be in direct contact with the MO resistors and be located as far away as possible from the gas channel and shall short-circuit the entire internal active part. The actual location of the fuse wire in the test shall be reported in the test report.

#### 8.7.3 Mounting of the test sample

The SVU units to be tested can be either mounted directly to a base according to the mounting arrangements as shown in Figures 3a and 3b, or mounted hanging in accordance with the installation recommendations of the manufacturer. The choice of test installation is up to the manufacturer. In case of suspended mounting, the bottom end of the SVU shall be at the same level as the upper edge of the circular enclosure.

For a base-mounted SVU, the mounting arrangement is shown in Figures 3a and 3b. The distance to the ground from the insulating platform and the conductors shall be as indicated in Figures 3a and 3b.

For non-base-mounted SVUs (for example, pole-mounted SVUs), the test sample shall be mounted on a non-metallic pole using mounting brackets and hardware typically used for real service installation. For the purpose of the test, the mounting bracket shall be considered as a part of the SVU base. In cases where the foregoing is at variance with the manufacturer's instructions, the SVU shall be mounted in accordance with the installation recommendations of the manufacturer. The entire lead between the base and the current sensor shall be insulated for at least 1 000 V. The top end of the test sample shall be fitted with the base assembly of the same design of an SVU or with the top cap.

For base-mounted SVUs, the bottom end fitting of the test sample shall be mounted on a test base that is at the same height as a surrounding circular or square enclosure. The test base shall be of insulating material or may be of conducting material if its surface dimensions are smaller than the surface dimensions of the SVU bottom end fitting. The test base and the enclosure shall be placed on top of an insulating platform, as shown in Figures 3a and 3b. For non-base-mounted SVUs, the same requirements apply to the bottom of the SVU. The arcing distance between the top end cap and any other metallic object (floating or grounded), except for the base of the SVU, shall be at least 1,6 times the height of the sample SVU, but not less than 0,9 m. The enclosure shall be made of non-metallic material and be positioned symmetrically with respect to the axis of the test sample. It shall not be permitted to open or move during the test. The height of the enclosure shall be 40 cm ± 10 cm, and its diameter (or side, in case of a square enclosure) shall be equal to the greater of 1,8 m or  $D$  in the Equation below:

$$D = 1,2 \times (2 \times H + D_{SVU})$$

where

$H$  is the height of tested SVU unit;

$D_{SVU}$  is the diameter of tested SVU unit.

Porcelain-housed SVUs shall be mounted according to Figure 3a. Polymer housed SVUs shall be mounted according to Figure 3b.

Test samples shall be mounted vertically unless agreed upon otherwise between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 1 Mounting of the SVU during the short-circuit test and, more specifically, the routing of the conductors should represent the most unfavourable condition in service.

The routing shown in Figure 3a is the most unfavourable to use during the initial phase of the test before venting occurs (especially in the case of a SVU fitted with a pressure relief device). Positioning the sample as shown in Figure 3a, with the venting ports facing in the direction of the test source, may cause the external arc to be swept in closer proximity to the SVU housing than otherwise. As a result, a thermal shock effect may cause excessive chipping and shattering of porcelain weather sheds, as compared to the other possible orientations of the venting ports. However, during the remaining arcing time, this routing forces the arc to move away from the SVU, and thus reduces the risk of the SVU catching fire. Both the initial phase of the test as well as the part with risk of catching fire are important, especially for SVUs where the external part of the housing is made of polymeric material.

For all polymer-housed SVUs, the ground conductor should be directed to the opposite direction as the incoming conductor, as described in Figure 3b. In this way, the arc will stay close to the SVU during the entire duration of the short-circuit current, thus creating the most unfavourable conditions with regards to the fire hazard.

NOTE 2 In the event that physical space limitations of the laboratory do not permit an enclosure of the specified size, the manufacturer may choose to use an enclosure of lesser diameter.

#### **8.7.4 High-current short-circuit tests**

Three samples shall be tested at currents based on selection of a rated short-circuit current selected from Table 5. All three samples shall be prepared according to 8.7.2 and mounted according to 8.7.3.

Tests shall be made in a single-phase test circuit, with an open-circuit test voltage of 77 % to 107 % of the rated voltage of the test sample, as outlined in 8.7.4.1. However, it is expected that tests on high-voltage SVUs will have to be made at laboratories which might not have the sufficient short-circuit power capability to carry out these tests at 77 % or more of the test sample rated voltage. Accordingly, an alternative procedure for making the high-current, short-circuit tests at a reduced voltage is given in 8.7.4.2. The measured total duration of test current flowing through the circuit shall be  $\geq 0,2$  s.

NOTE Experience from porcelain-housed arresters has shown that tests at the rated current do not necessarily demonstrate acceptable behaviour at lower currents.

##### **8.7.4.1 High-current tests at full voltage (77 % to 107 % of rating)**

The prospective current shall first be measured by making a test with the SVU short-circuited or replaced by a solid link of negligible impedance.

The duration of such a test may be limited to the minimum time required to measure the peak and symmetrical component of the current waveform.

For “Design A” SVUs tested at the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the prospective current shall be at least 2,5 times the r.m.s. value of the symmetrical component of the prospective current. The following r.m.s. value of the symmetrical component shall be equal to the rated short-circuit current or higher. The peak value of the prospective current, divided by 2,5, shall be quoted as the test current, even though the r.m.s. value of the symmetrical component of the prospective current may be higher. Because of the higher prospective current, the sample SVU may be subjected to more severe duty, and, therefore, tests at  $X/R$  ratio lower than 15 shall only be carried out with the manufacturer's consent.

For “Design B” SVUs tested at rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the prospective current shall be at least  $\sqrt{2}$  times the r.m.s. value.

For all the reduced short-circuit currents, the r.m.s. value shall be in accordance with Table 5 and the peak value of the first half-cycle of the prospective current shall be at least  $\sqrt{2}$  times the r.m.s. value of this current.

The solid shorting link shall be removed after checking the prospective current and the SVU sample(s) shall be tested with the same circuit parameters.

NOTE 1 The resistance of the restricted arc inside the SVU may reduce the r.m.s. symmetrical component and the peak value of the measured current. This does not invalidate the test, since the test is being made with at least normal service voltage and the effect on the test current is the same as would be experienced during a fault in service.

NOTE 2 The  $X/R$  ratio of the test circuit impedance, without the SVU connected, should preferably be at least 15. In cases where the test circuit impedance  $X/R$  ratio is less than 15, the test voltage may be increased or the impedance may be reduced, in such a way that,

- for the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the prospective current is equal to, or greater than, 2,5 times the required test current level;
- for the reduced current level tests, the tolerances in Table 5 are met.

#### 8.7.4.2 High-current test at less than 77 % of rated voltage

When tests are made with a test circuit voltage  $< 77\%$  of the rated voltage of the test samples, the test circuit parameters shall be adjusted in such a way that the r.m.s. value of the symmetrical component of the actual SVU test current shall equal or exceed the required test current level of 8.7.4.

For “Design A” SVUs tested at the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the actual SVU test current shall be at least 2,5 times the r.m.s. value of the symmetrical component of the actual SVU test current. The following r.m.s. value of the symmetrical component shall be equal to the rated short-circuit current or higher. The peak value of the actual SVU test current, divided by 2,5 shall be quoted as the test current, even though the r.m.s. value of the symmetrical component of the actual SVU test current may be higher.

The following exception for the test at rated short-circuit current is valid for “Design A” polymer-housed SVUs only (see 8.7.2.1 for the definition of polymer- and porcelain-housed SVUs): if the rated voltage of the test sample is more than 150 kV and a first peak value of  $\geq 2,5$  times the rated short-circuit current cannot be achieved, an additional test sample shall be tested. This additional test sample shall be tested according to either 8.7.4.1 or 8.7.4.2. It shall have a rated voltage of  $\geq 150$  kV and shall also not be shorter than the shortest SVU unit used for the actual SVU design. The rated short-circuit current value shall be the lowest of the r.m.s. current from the test on the longest unit and the r.m.s. current defined according to testing with either 8.7.4.1 or 8.7.4.2 from the test on the minimum 150 kV rated unit. Both tests shall be reported.

For “Design B” SVUs tested at rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the actual SVU test current shall be at least  $\sqrt{2}$  times the r.m.s. value.

For all the reduced short-circuit currents the r.m.s. value shall be in accordance with Table 5 and the peak value of the first half-cycle of the actual SVU test current shall be at least  $\sqrt{2}$  times the r.m.s. value of this current.

NOTE 1 Especially for tall SVUs that are tested at a low percentage of their rated voltage, the first asymmetric peak current of 2,5 is not easily achieved unless special test possibilities are considered. It is thus possible to increase the test r.m.s. voltage or reduce the impedance so that, for the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the test current is equal to, or greater than, 2,5 times the required test current level. In case of testing with a generator, the first peak of 2,5 times the required test current can also be achieved by varying the generator’s excitation. The current should then be reduced, not less than 2,5 cycles after initiation, to the required symmetrical value. The actual peak value of the test current, divided by 2,5, should be quoted as the test current, even though the r.m.s. value of the symmetrical component of the actual SVU test current may be

higher. Because of the higher test current, the sample SVU may be subjected to more severe duty and, therefore, tests at  $X/R$  ratio lower than 15 should only be carried out with the manufacturer's consent.

NOTE 2 For "Design B" polymer-housed SVUs, even the first current peak of  $\sqrt{2}$  may not be easily achieved unless special test facilities are considered. Pre-failed SVUs can build up considerable arc resistance, which limits the symmetrical current through the SVU. It is therefore recommended to perform the short-circuit tests as soon as possible after the pre-failure, preferably before the test samples have cooled down.

For pre-failed SVUs, therefore, it is recommended to ensure that the SVU represents a sufficiently low impedance prior to applying the short-circuit current by reapplying the pre-failing, or similar, circuit during a maximum of 2 s immediately before applying the short-circuit test current (see Figure 4). It is acceptable to increase the short-circuit current of the pre-applied circuit up to 300 A (r.m.s.). If so, its maximum duration, which depends on the current magnitude, shall not exceed the following value:

$$t_{\text{rpf}} \leq Q_{\text{rpf}} / I_{\text{rpf}}$$

where

- $t_{\text{rpf}}$  is the re-pre-failing time in s;  
 $Q_{\text{rpf}}$  is the re-pre-failing charge in C;  $Q_{\text{rpf}} = 60 \text{ C}$ ;  
 $I_{\text{rpf}}$  is the re-pre-failing current (r.m.s.) in A.

#### 8.7.5 Low-current short-circuit test

The test shall be made by using any test circuit that will produce a current through the test sample of  $600 \text{ A} \pm 200 \text{ A}$  (r.m.s. value), measured at approximately 0,1 s after the start of the current flow. The current shall flow for 1 s or, for "Design A" porcelain-housed surge SVUs, until venting occurs.

Refer to Note 2 of 8.7.6 with regard to handling an SVU that fails to vent.

#### 8.7.6 Evaluation of test results

The test is considered successful if the following three criteria are met.

##### a) No violent shattering

NOTE 1 Structural failure of the sample is permitted as long as criteria b) and c) are met.

- b) No parts of the test sample shall be allowed to be found outside the enclosure, except for
- fragments, less than 60 g each, of ceramic material such as from metal-oxide resistors or porcelain;
  - pressure relief vent covers and diaphragms;
  - soft parts of polymeric materials.
- c) The SVU shall be able to self-extinguish open flames within 2 min after the end of the test. Any ejected part (in or out of the enclosure) shall also self-extinguish open flames within 2 min.

NOTE 2 If the SVU has not visibly vented at the end of the test, caution should be exercised, as the housing may remain pressurized after the test. This note is applicable to all levels of test current, but is of particular relevance to the low-current, short-circuit tests.

NOTE 3 A shorter duration of self-extinguishing open flames for ejected parts may be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

NOTE 4 It may be of particular importance for EGLA applications that safety considerations on ejected fragments, mechanical integrity and even a certain strength after failure are required. In that case, different test procedures and evaluations may be established between the manufacturer and the user (as an example, it may be required that after the tests the SVU should still be able to be lifted and removed by its top end).

Table 4 – Test requirements

	Initiation of short-circuit current	Required number of test samples	Ratio of first current peak value to r.m.s. value of required short-circuit current according to Table 5					
			Test voltage: 77 % to 107 % of $U_r$			Test voltage: < 77 % of $U_r$		
			Rated short-circuit current	Reduced short-circuit current	Low short-circuit current	Rated short-circuit current	Reduced short-circuit current	Low short-circuit current
"Design A" Porcelain-housed	Fuse wire along surface of MO resistors; within, or as close as possible to, the gas channel	4	Prosp.: $\geq 2,5$ Actual: no requirement	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq 2,5$	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$
"Design A" Polymer-housed	Fuse wire along surface of MO resistors; within, or as close as possible to, the gas channel	4 or 5	Prosp.: $\geq 2,5$ Actual: no requirement	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq 2,5$ <i>or:</i> Actual: $\geq \sqrt{2}$ on longest unit and Actual: $\geq 2,5$ on a unit with $U_r \geq 150$ kV	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$
"Design B" Porcelain-housed	Fuse wire along surface of MO resistors; located as far away as possible from the gas channel	4	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$
"Design B" Polymer-housed	Pre-failing by constant voltage or constant current source	4	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Prosp.: $\geq \sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$	Actual: $\geq \sqrt{2}$

**Table 5 – Required currents for short-circuit tests**

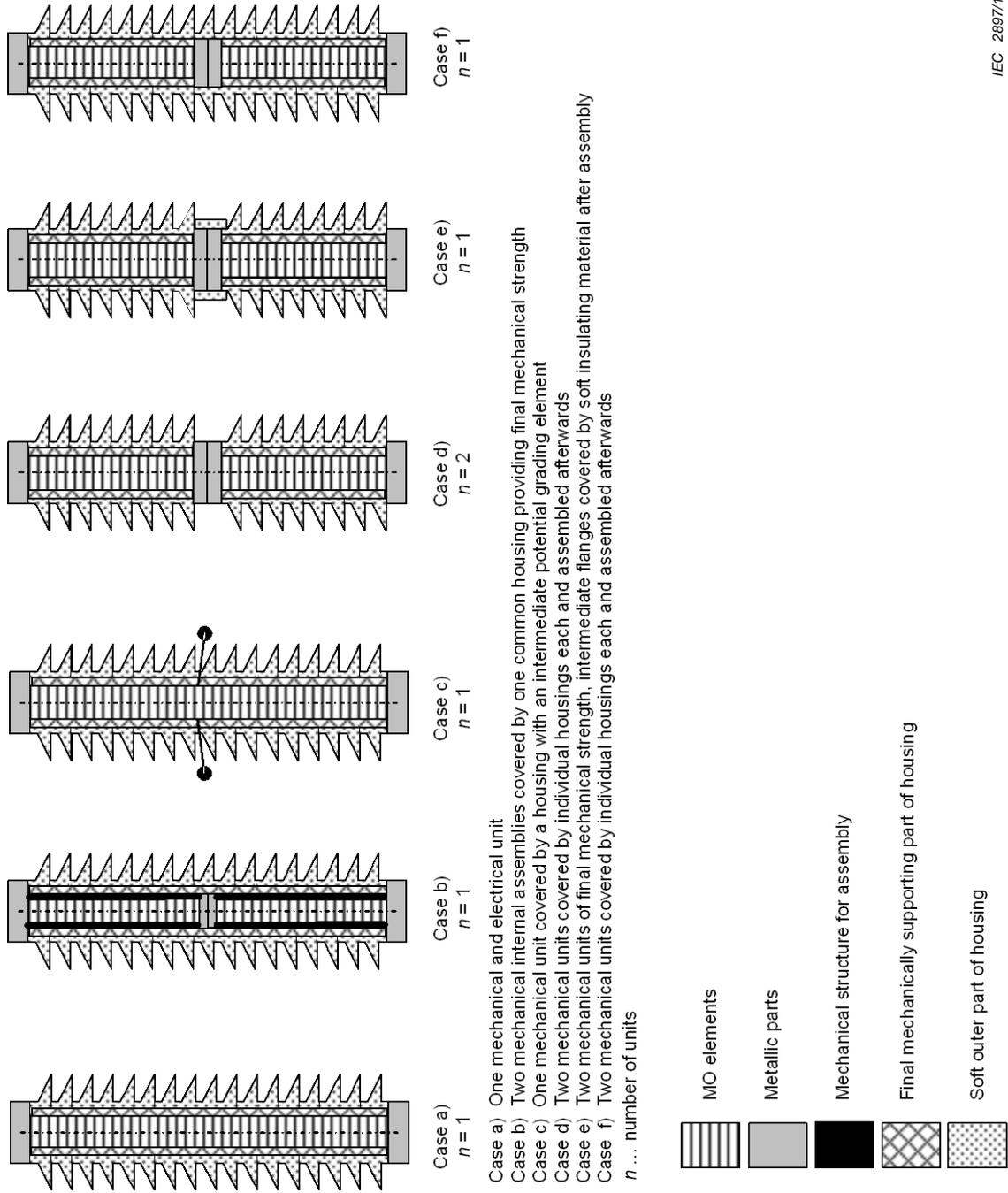
Rated short-circuit current $I_s$	Reduced short-circuit currents		Low short-circuit current with a duration of 1 s <sup>a)</sup>
	±10 %		
A	A		A
80 000	50 000	25 000	600 ± 200
63 000	25 000	12 000	600 ± 200
50 000	25 000	12 000	600 ± 200
40 000	25 000	12 000	600 ± 200
31 500	12 000	6 000	600 ± 200
20 000	12 000	6 000	600 ± 200
16 000	6 000	3 000	600 ± 200
10 000	6 000	3 000	600 ± 200
5 000	3 000	1 500	600 ± 200

NOTE 1 If an existing type of SVU, already qualified for one of the rated currents in Table 5, is being qualified for a higher rated-current value available in this table, it should be tested only at the new rated value. Any extrapolation can only be extended by two steps of rated short-circuit current.

NOTE 2 If a new SVU type is to be qualified for a higher rated current value than available in this table, it should be tested at the proposed rated current, at 50 % and at 25 % of this rated current.

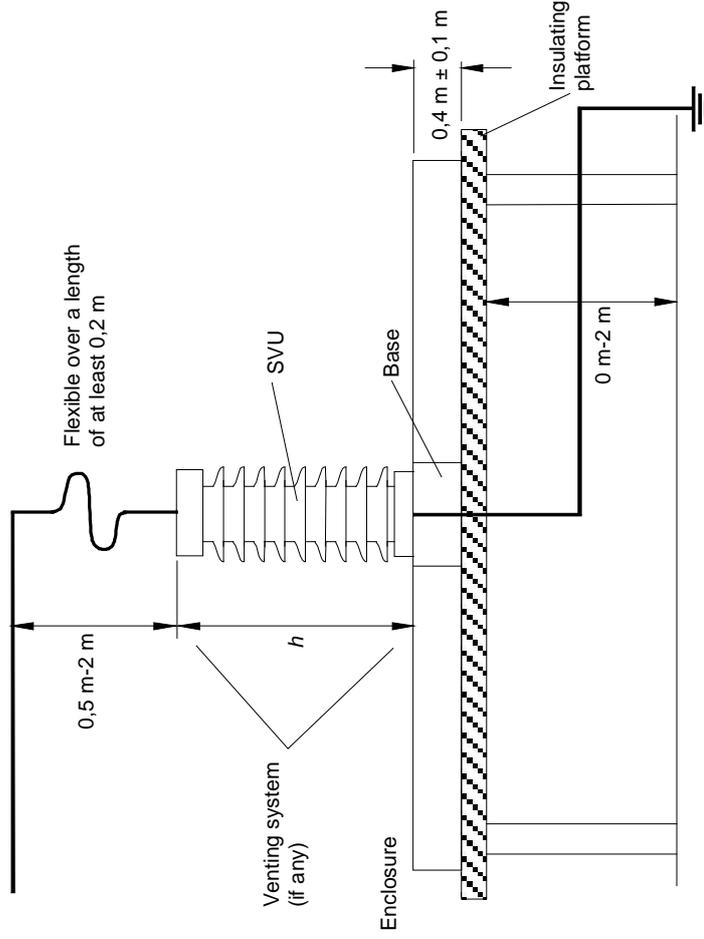
NOTE 3 If an existing SVU is qualified for one of the rated short-circuit currents in this table, it is deemed to have passed the test for any value of rated current lower than this one.

<sup>a)</sup> For SVUs to be installed in resonant earthed or unearthened neutral systems, the increase of the test duration to longer than 1 s, up to 30 min, may be permitted after agreement between the manufacturer and the purchaser. In this case the low short-circuit current shall be reduced to 50 A ± 20 A, and the test sample and acceptance criteria shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

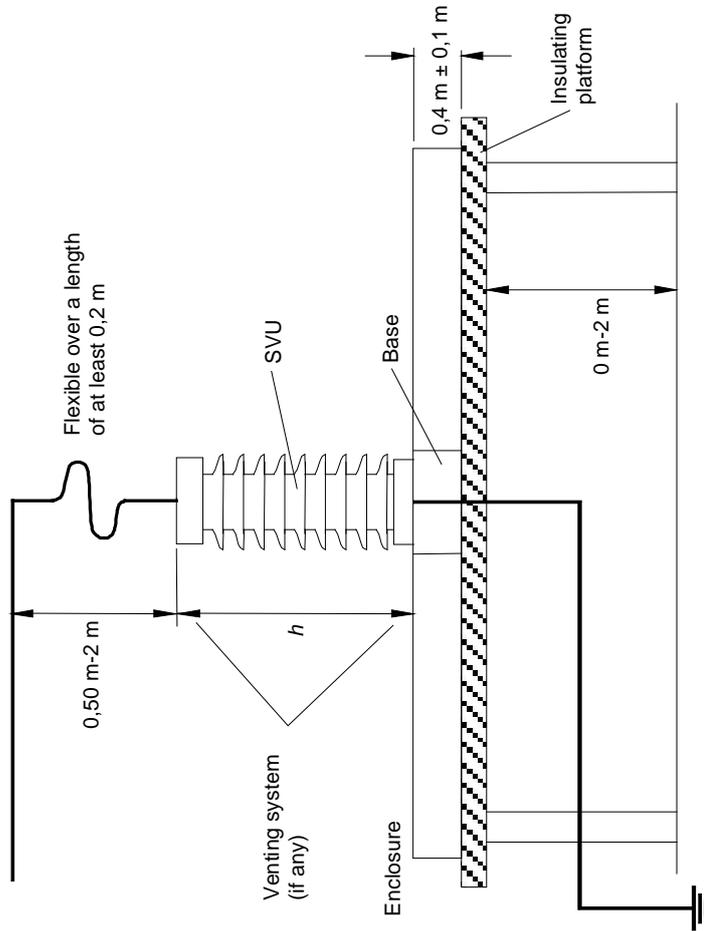


IEC 2897/10

Figure 2 – Examples of SVU units



IEC 2898/10

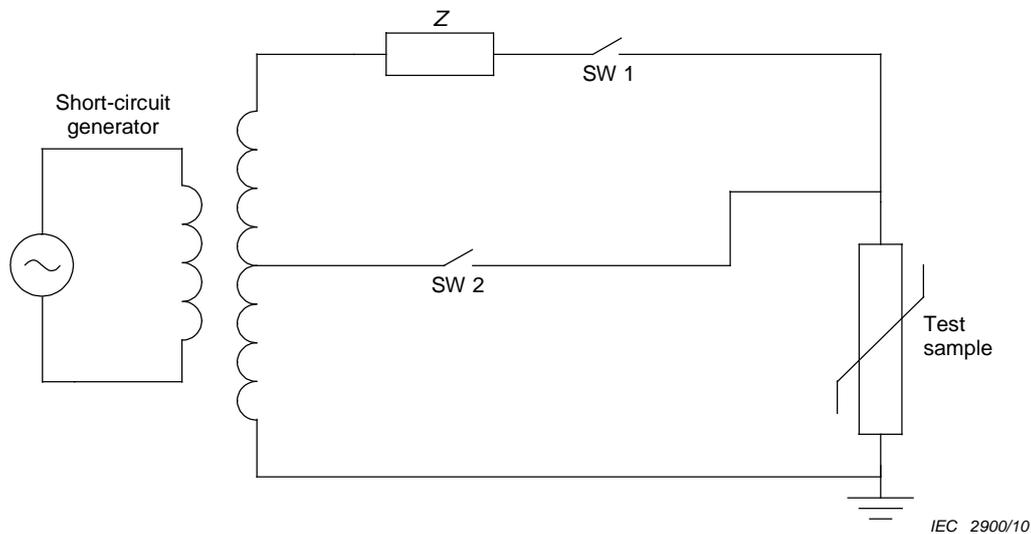


IEC 2899/10

**Figure 3a – Circuit layout for porcelain-housed SVUs**  
(all leads and venting systems in the same plane)

**Figure 3b – Circuit layout for polymer-housed SVUs**  
(all leads and venting systems in the same plane)

**Figure 3 – Short-circuit test setup**



NOTE SW 1 is closed and SW 2 is opened to apply pre-failing level of current (maximum of 30 A, limited by impedance  $Z$ ). After a maximum of 2 s, SW 2 is closed to cause the specified short-circuit current to flow through the test sample.

**Figure 4 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current**

## 8.8 Follow current interrupting test

### 8.8.1 General

This test is to verify follow current interrupting operation of an EGLA after the series gap had sparked over under a lightning impulse. The test sample is a complete EGLA or a section of an EGLA.

This test also verifies the performance of the EGLA under polluted conditions by taking into account the current that would flow over the surface of the SVU housing due to the presence of a wetted pollution layer.

This test may be performed either as a type test with an SDD level and EGLA configuration selected by the manufacturer or, alternatively, as an acceptance test with the SDD level agreed upon between the manufacturer and the purchaser, (see 10.6).

The follow current interrupting test shall be performed by either "Test method A" (see 8.8.2) or "Test method B" (see 8.8.3). If the pollution severity on site is "Very heavy" according to the definition in IEC/TS 60815-1, "Test method B" shall be applied. Else, the choice of the test method is upon the manufacturer.

NOTE With "Test method A", the effect of pollution on the SVU external surface current is modelled by an additional linear resistor connected in parallel to the SVU, and the test is performed under clean and dry conditions. "Test method B" is a test under artificial pollution conditions.

### 8.8.2 "Test method A"

#### 8.8.2.1 Requirements on the test circuit

The impedance of the power-frequency voltage source shall be such that during the flow of follow current, the peak value of power-frequency voltage, measured at the EGLA terminals,

does not fall below the peak value of the rated voltage of the test specimen and after the interruption of follow current, the peak voltage does not exceed the peak value of the rated voltage by more than 10%. An example of a test circuit is given in Annex A.

### 8.8.2.2 Test procedure

The EGLA test sample shall be prepared as follows

- a) The non-linear metal-oxide resistor part shall be a complete SVU, or an SVU section, or a pile of metal-oxide resistor elements; the scale factor  $n$  (ratio of the rated voltage of the complete EGLA to the rated voltage of the EGLA test sample) shall not be higher than five. If the rated voltage of the complete EGLA is higher than 12 kV the rated voltage of the test sample shall not be lower than 12 kV.
- b) The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete SVU divided by  $n$ .
- c) The reference voltage  $U_{ref}$  of the SVU of the test section should be equal to the minimum reference voltage of the SVU of the EGLA divided by  $n$ . If the reference voltage of the SVU of the test section is greater than the minimum reference voltage of the SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the factor  $n$  shall be reduced correspondingly. If the reference voltage of the SVU of the test section is less than the minimum reference voltage of the SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the test section is not allowed to be used.
- d) A linear resistor shall be connected in parallel with the SVU in order to provide sufficiently high follow current.
- e) The external series gap shall be composed of the same electrodes as those of the EGLA. Its length shall be not greater than the minimum gap length specified by the manufacturer. It is not necessary to scale the gap.

The test shall be conducted as follows:

A power-frequency voltage equal to the rated voltage of the EGLA or EGLA section shall be applied to the test sample.

The follow current flowing through the external series gap during the test will result as the addition of the following two components:

- the leakage current on the SVU polluted surface simulated by means of the linear resistor connected in parallel to the SVU;
- the internal resistive current through the non linear metal-oxide resistor blocks when energised at the rated voltage.

The resistance of the linear resistor necessary to simulate the leakage current on the SVU polluted surface shall be calculated as  $R = F/K$  being  $F$  the form factor (according to IEC 60507) of the SVU housing and  $K$  the layer conductivity.

The layer conductivity  $K$  shall be taken from Table 3 of IEC 60507 at the line corresponding to the selected SDD. The accepted tolerance for the resistance shall be  $\begin{matrix} 0 \\ -20 \end{matrix}$  % to the calculated value.

NOTE 1 In the case of an EGLA, the pollution layer on the SVU is not under voltage until sparkover occurs. In a worst-case scenario, the pollution layer will be totally wetted under rain conditions and will remain so since drying due to surface leakage currents does not occur. As there is no dry band arcing activity, the pollution layer may be assumed as a linear resistance.

NOTE 2 With this method, the current level is higher than in operating service conditions, because the calculation does not take into account the voltage drop across the external series gap of the EGLA.

Lightning impulses shall then be applied to the EGLA in order to initiate sparkover and provide a conductive channel across the external series gap. The impulse generator shall be adjusted to obtain systematic sparkover of the gap.

### 8.8.2.3 Test sequence

The lightning impulses, having the same or opposite polarity as the actual half cycle of the alternating voltage, shall be applied ( $30^\circ$  to  $0^\circ$ ) before the instant of peak voltage.

A first test shall be performed with a gap length small enough to show that the power source is able to supply and maintain the specified follow current.

The parallel linear resistor shall be adjusted such that the total follow current during the tests is at least equal to the estimated value.

Thereafter, the gap length shall be adjusted to the minimum specified value. Then, five sparkover operations at each polarity of the actual half cycle of the alternating voltage shall be performed. If follow current is not established, more sparkover operations shall be performed until follow current was established five times for each polarity.

Permanent oscillograms of power-frequency voltage and follow current associated with each discharge shall be taken. These oscillograms shall show the voltage across and the current through the test sample throughout the period from one complete cycle before application of the impulse to ten complete cycles after the final interruption of the follow current. Final interruption of the follow current shall occur within the half-cycle in which the impulse is applied. There shall be no further sparkover of the sample in any subsequent half cycle.

### 8.8.2.4 Test evaluation

The sample has passed the test if for the ten sparkover operations the follow current is interrupted within the first half cycle of the power-frequency voltage and if there is no further sparkover in any subsequent half cycle.

## 8.8.3 "Test method B"

### 8.8.3.1 Requirements on the test circuit

The impedance of the power-frequency voltage source shall be such that during the flow of follow current, the peak value of power-frequency voltage, measured at the EGLA terminals, does not fall below the peak value of the rated voltage of the test specimen and after the interruption of follow current, the peak voltage does not exceed the peak value of the rated voltage by more than 10%. An example of a test circuit is given in Annex A.

### 8.8.3.2 Test procedure and test sequence

The EGLA test sample shall be prepared as follows:

- a) A section of an EGLA or a complete EGLA shall be prepared as test sample.
- b) The non-linear metal-oxide resistor part shall be a complete SVU or an SVU section; the scale factor  $n$  (ratio of the rated voltage of the complete EGLA to the rated voltage of the EGLA test sample) shall not be higher than five. If the rated voltage of the complete EGLA is higher than 12 kV the rated voltage of the test sample shall not be smaller than 12 kV.
- c) The volume of the resistor elements shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete SVU divided by  $n$ .
- d) The reference voltage  $U_{\text{ref}}$  of the SVU of the test section should be equal to the minimum reference voltage of the SVU of the EGLA divided by  $n$ . If the reference voltage of the SVU of the test section is greater than the minimum reference voltage of the SVU of the

complete EGLA divided by  $n$ , the factor  $n$  shall be reduced correspondingly. If the reference voltage of the SVU of the test section is less than the minimum reference voltage of the SVU of the complete EGLA divided by  $n$ , the test section is not allowed to be used.

- e) The external series gap shall be composed of the same electrodes as those of the EGLA. Its length shall be not greater than the minimum gap length specified by the manufacturer. It is not necessary to scale the gap.

The contamination slurry shall be prepared in accordance with the solid layer method in IEC 60507 or any equivalent method, in which resistivity of the slurry can be determined from the specified SDD value.

The test shall be conducted as follows:

The housing of the SVU shall be clean and dry and at ambient temperature. Washing with a detergent may be necessary in order to remove oil films, but the detergent should be thoroughly rinsed off with water.

The surface hydrophobicity of the SVU shall be completely removed in order to simulate surface leakage currents to be expected in the worst case under the specified polluted condition.

With the arrester de-energized, the contaminant shall be applied to the whole insulation surface of the SVU, including the undersides of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. The pollution coating may be applied by either spraying, dipping or flow-coating.

NOTE 1 The following procedure is suggested to remove hydrophobicity on a polymeric (especially for silicone rubber) housing surface temporarily for the testing, without any damage of the surface or any additional chemical agent in the pollutant:

- a) Prepare slurry, which contains approximately 1 kg of Tonoko or kAolin in 1 l of water.
- b) Spray the slurry as uniformly as possible on the hydrophobic housing surface.
- c) Dry the polluted surface under natural ambient conditions.
- d) Wash off the deposited Tonoko or kAolin roughly, by running tap water, for example. After this process some amount of Tonoko or kAolin will remain on the surface, which suppresses recovery of the hydrophobicity temporarily.

NOTE 2 Prior to the testing, salt deposit density according to the above procedure should be checked on the same design of polymeric housing surface.

NOTE 3 Once the hydrophobicity is removed by the procedure given in NOTE 1, testing on the test specimen needs to be completed within one day, in order to prevent recovery of hydrophobicity.

Within (3 min to 3,5 min) after the contaminant has been applied to the test sample it shall be exposed to its rated voltage for a time duration long enough to initiate one sparkover operation of the test sample.

The lightning impulses, having the same or opposite polarity as the actual half cycle of the alternating voltage, shall be applied ( $30^\circ$  to  $0^\circ$ ) before the instant of peak voltage.

A first test shall be performed with a gap length small enough to show that the power source is able to supply and maintain the specified follow current.

Thereafter, the gap length shall be adjusted to the minimum specified value. Then, five sparkover operations at each polarity of the actual half cycle of the alternating voltage shall be performed. If follow current is not established, more sparkover operations shall be performed until follow current was established five times for each polarity.

The pollution layer shall be renewed after each spark-over operation.

Permanent oscillograms of power-frequency voltage and follow current associated with each discharge shall be taken. These oscillograms shall show the voltage across and the current through the test sample throughout the period from one complete cycle before application of the impulse to ten complete cycles after the final interruption of the follow current. Final interruption of the follow current shall occur within the half-cycle in which the impulse is applied. There shall be no further sparkover of the sample in any subsequent half cycle.

NOTE The time interval between sparkover operations need not to be specified for this test.

### 8.8.3.3 Test evaluation

The sample has passed the test if

- a) no flashover occurred on the SVU surface;
- b) for the ten sparkover operations the follow current is interrupted within the half-cycle of power-frequency voltage during which the sparkover occurs and if there is no further sparkover in any subsequent half cycle.

## 8.9 Mechanical load tests on the SVU

These tests demonstrate that the SVU is able to withstand the mechanical strength values (SLL and SSL) and the vibrational loads specified by the manufacturer.

### 8.9.1 Bending test

This test demonstrates that the SVU is able to withstand the mechanical strength values (SLL and SSL) specified by the manufacturer. The test shall be performed on three or six samples of SVUs or SVU units. The complete test procedure is shown by the flow chart in Clause B.5.

#### 8.9.1.1 Test procedure for porcelain and cast resin housed SVUs

##### 8.9.1.1.1 General

This test applies to porcelain and cast-resin housed SVUs of EGLAs for  $U_m > 52$  kV. It also applies to porcelain and cast-resin housed SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52$  kV for which the manufacturer claims cantilever strength.

The test demonstrates the ability of the SVU to withstand the manufacturer's declared values for bending loads. Normally, an SVU is not designed for torsional loading. If an SVU is subjected to torsional loads, a specific test may be necessary by agreement between the manufacturer and the user.

The test shall be performed on complete SVU units without internal overpressure. For single-unit SVU designs, the test shall be performed on the longest unit of the design. Where an SVU contains more than one unit or where the SVU has different specified bending moments in both ends, the test shall be performed on the longest unit of each different specified bending moment, with loads determined according to Clause B.1.

The test shall be performed in two parts that may be done in any order:

- a bending moment test to determine the mean value of breaking load (MBL);
- a static bending moment test with the test load equal to the specified short-term load (SSL), i.e. the 100 % value of Clause B.2.

### 8.9.1.1.2 Sample preparation

One end of the sample shall be firmly fixed to a rigid mounting surface of the test equipment, and a load shall be applied to the other (free) end of the sample to produce the required bending moment at the fixed end. The direction of the load shall pass through and be perpendicular to the longitudinal axis of the SVU. If the SVU is not axi-symmetrical with respect to its bending strength, the manufacturer shall provide information regarding this non-symmetric strength, and the load shall be applied in an angular direction that subjects the weakest part of the SVU to the maximum bending moment.

### 8.9.1.1.3 Test procedure

#### 8.9.1.1.3.1 Test procedure to determine the mean value of breaking load (MBL)

Three samples shall be tested. If the test to verify the SSL (see 8.9.1.1.3.2) is performed first, then samples from that test may be used for determination of MBL. The test samples need not contain the internal parts. On each sample, the bending load shall be increased smoothly until breaking occurs within 30 s to 90 s. "Breaking" includes fracture of the housing and damages that may occur to fixing device or end fittings.

The mean breaking load, MBL, is calculated as the mean value of the breaking loads for the test samples.

NOTE Care should be taken because the housing of an SVU can splinter while under load.

#### 8.9.1.1.3.2 Test procedure to verify the specified short-term load (SSL)

Three samples shall be tested. The test samples shall contain the internal parts. Prior to the tests, each test sample shall be subjected to a leakage check (see 9.1, item c)) and an internal partial discharge test (see 9.1, item b)). If these tests have been performed as routine tests, they need not be repeated at this time.

On each sample, the bending load shall be increased smoothly to SSL, tolerance  $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \%$ , within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded. The residual deflection shall be measured in the interval 1 min to 10 min after the release of the load.

NOTE 1 Care should be taken because the housing of an SVU may break and splinter while under load.

NOTE 2 Agreement must be made with the manufacturer if it is necessary for any reason to apply a load that is more than 5 % above SSL.

### 8.9.1.1.4 Test evaluation

The SVU shall have passed the test if

- the mean value of breaking load, MBL, is  $\geq 1,2 \times \text{SSL}$ ;
- for the SSL test
  - there is no visible mechanical damage;
  - the remaining permanent deflection is  $\leq 3 \text{ mm}$  or  $\leq 10 \%$  (whichever is greater) of maximum deflection during the test;
  - the test samples pass the leakage check in accordance with 9.1 c);
  - the internal partial discharge level of the test samples does not exceed the value specified in 9.1 b);

### 8.9.1.2 Test procedure for polymer (except cast resin) housed SVUs

#### 8.9.1.2.1 General

This test applies to polymer (except cast-resin) housed SVUs (with and without enclosed gas volume) of EGLAs for  $U_m > 52$  kV. It also applies to polymer (except cast-resin) housed SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52$  kV for which the manufacturer claims cantilever strength.

Cast-resin housed SVUs shall be tested according to 8.9.1.1. SVUs that have no declared cantilever strength shall be submitted to the terminal torque preconditioning according to 8.9.1.2.3.1 a), the thermal preconditioning according to 8.9.1.2.3.1 c) and the water immersion test according to 8.9.1.2.3.2.

The test demonstrates the ability of the SVU to withstand the manufacturer's declared values for bending loads. Normally, an SVU is not designed for torsional loading. If an SVU is subjected to torsional loads, a specific test may be necessary by agreement between the manufacturer and the user.

The test shall be performed on complete SVU units with the highest rated voltage of the unit. For single-unit SVU designs, the test shall be performed on the longest unit with the highest rated voltage of that unit of the design. Where an SVU contains more than one unit or where the SVU has different specified bending moments in both ends, the test shall be performed on the longest unit of each different specified bending moment, with loads determined according to Clause B.1. However, if the length of the longest unit is greater than 800 mm, a shorter length unit may be used, provided the following requirements are met:

- the length is at least as long as the greater of
  - 800 mm
  - three times the outside diameter of the housing (excluding the sheds) at the point it enters the end fittings;
- the unit is one of the normal assortment of units used in the design, and is not specially made for the test;
- the unit has the highest rated voltage of that unit of the design.

A test in three steps (two steps for SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52$  kV) shall be performed one after the other on three samples as follows:

- on all three test samples a cyclic test comprising 1 000 cycles with the test load equal to the specified long-term load (SLL);
- on two of the samples a static bending moment test with the test load equal to the specified short-term load (SSL), i.e. the 100 % value of Clause B.2 and on the 3<sup>rd</sup> sample a mechanical preconditioning test as per 8.9.1.2.3.1;
- on all three samples a water immersion test as per 8.9.1.2.3.2.

Tolerance on specified loads shall be  ${}_{-0}^{+5}\%$ .

NOTE 1 The cyclic test is not required for SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52$  kV.

NOTE 2 If +5 % is exceeded this should be agreed upon with the manufacturer.

#### 8.9.1.2.2 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Prior to the test, each test sample shall be subjected to the following tests:

- electrical tests made in the following sequence:

- watt losses measured at 0,7 times  $U_{\text{ref}}$  and at an ambient temperature of  $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ ;
- internal partial discharge test according to 9.1 b);
- residual voltage test at (0,01 to 1) times the nominal discharge current; the current wave shape shall be in the range of  $T_1/T_2 = (4\text{ to }10)/(10\text{ to }25)\text{ }\mu\text{s}$ ;
- leakage checks in accordance with 9.1 c) for SVUs with enclosed gas volume and separate sealing system.

If the partial discharge test according to 9.1 b) and the leakage check according to 9.1 c) have been performed as routine tests they need not be repeated at this time.

One end of the sample shall be firmly fixed to a rigid mounting surface of the test equipment, and a load shall be applied to the other (free) end of the sample to produce the required bending moment at the fixed end. The direction of the load shall pass through and be perpendicular to the longitudinal axis of the SVU. If the SVU is not axi-symmetrical with respect to its bending strength, the manufacturer shall provide information regarding this non-symmetric strength, and the load shall be applied in an angular direction that subjects the weakest part of the SVU to the maximum bending moment.

#### 8.9.1.2.3 Test procedure

The test shall be performed on three samples. For SVUs of EGLAs for  $U_m > 52\text{ kV}$ , the test is performed in three steps. For SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52\text{ kV}$ , the test is performed in two steps.

##### a) SVUs of EGLAs for $U_m > 52\text{ kV}$

Step 1:

Subject all three samples to 1 000 cycles of bending moment, each cycle comprising loading from zero to specified long-term load (SLL) in one direction, followed by loading to SLL in the opposite direction, then returning to zero load. The cyclic motion shall be approximately sinusoidal in form, with a frequency in the range 0,01 Hz – 0,5 Hz.

NOTE Due to the control of the testing machine it may take some cycles to obtain the SLL. The maximum number of these cycles should be agreed upon with the manufacturer. These cycles should not be included in the prescribed 1 000 cycles.

The maximum deflection during the test and any residual deflection shall be recorded. The residual deflection shall be measured in the interval 1 min to 10 min after the release of the load.

Step 2.1:

Subject two of the samples from step 1 to a bending moment test. The bending load shall be increased smoothly to specified short-term load (SSL) within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly.

The maximum deflection during the test and residual deflection shall be recorded. The residual deflection shall be measured within 1 min to 10 min after the release of the load.

Step 2.2:

Subject the third sample from Step 1 to mechanical/thermal preconditioning according to 8.9.1.2.3.1.

Step 3:

Subject all three samples to the water immersion test according to 8.9.1.2.3.2.

**b) SVUs of EGLAs for  $U_m \leq 52$  kV**

Step 1.1:

Subject two samples to a bending moment test. The bending load shall be increased smoothly to specified short-term load (SSL) within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly.

The maximum deflection during the test and any residual deflection shall be recorded. The residual deflection shall be measured in the interval 1 min to 10 min after the release of the load.

Step 1.2:

Subject a third sample to mechanical/thermal preconditioning according to 8.9.1.2.3.1.

Step 2:

Subject all three samples to the water immersion test according to 8.9.1.2.3.2.

**8.9.1.2.3.1 Mechanical/thermal preconditioning**

This preconditioning constitutes part of the test procedure of 8.9.1.2.3 and shall be performed on one of the test samples as defined in 8.9.1.2.3.

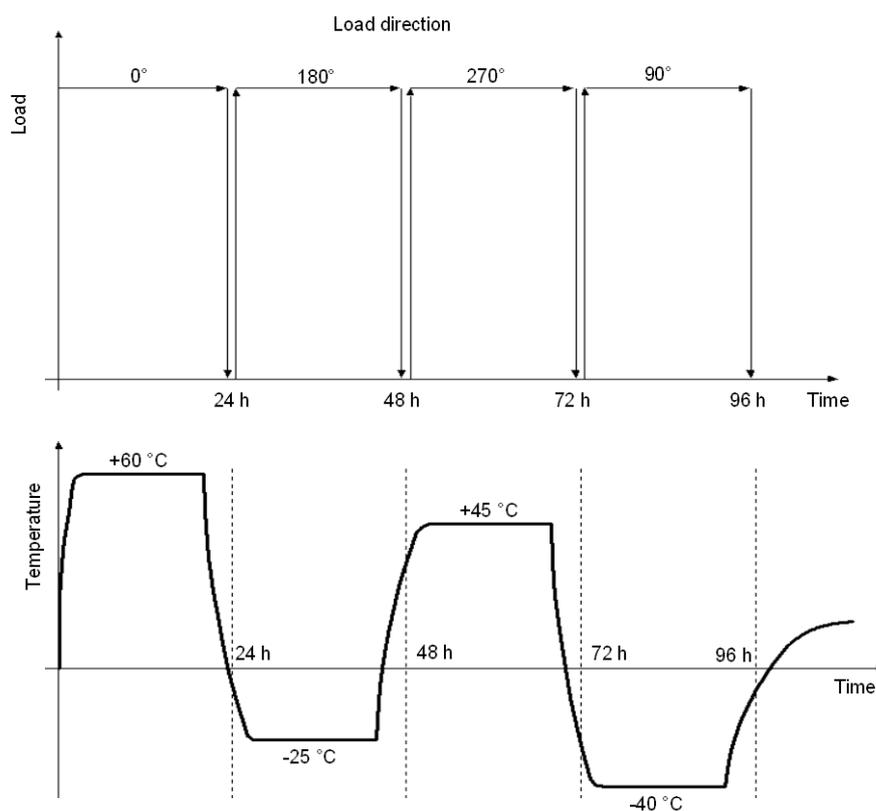
**a) Terminal torque preconditioning**

The SVU's terminal torque specified by the manufacturer shall be applied to the test sample for a duration of 30 s.

**b) Thermo-mechanical preconditioning**

This portion of the test applies only to SVUs for which a cantilever strength is declared.

The sample is submitted to the specified long-term load (SLL) in four directions and in thermal variations as described in Figures 5 and 6.



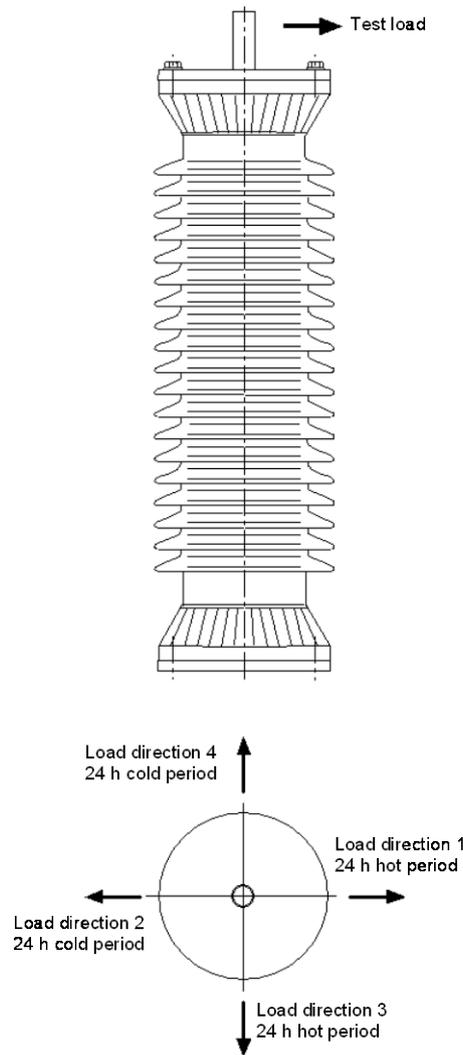
IEC 2901/10

NOTE If, in particular applications, other loads are dominant, the relevant loads should be applied instead. The total test time and temperature cycle should remain unchanged.

### Figure 5 – Thermo-mechanical test

The thermal variations consist of two 48 h cycles of heating and cooling as described in Figure 5. The temperature of the hot and cold periods shall be maintained for at least 16 h. The test shall be conducted in air.

The applied static mechanical load shall be equal to SLL defined by the manufacturer. Its direction changes every 24 h at any temperature in the transition from hot to cold, or from cold to hot, as defined in Figure 6.



IEC 2902/10

**Figure 6 – Example of the test arrangement for the thermo-mechanical test and direction of the cantilever load**

The test may be interrupted for maintenance for a total duration of 4 h and restarted after interruption. The cycle then remains valid.

Any residual deflection measured from the initial no-load position shall be reported. The residual deflection shall be measured within 1 min to 10 min after the release of the load.

### c) Thermal preconditioning

This portion of the test applies only to SVUs for which no cantilever strength is declared.

The sample is submitted to the thermal variations as described in Figure 5 without any load applied.

The thermal variations consist of two 48 h cycles of heating and cooling as described in Figure 5. The temperature of the hot and cold periods shall be maintained for at least 16 h. The test shall be conducted in air.

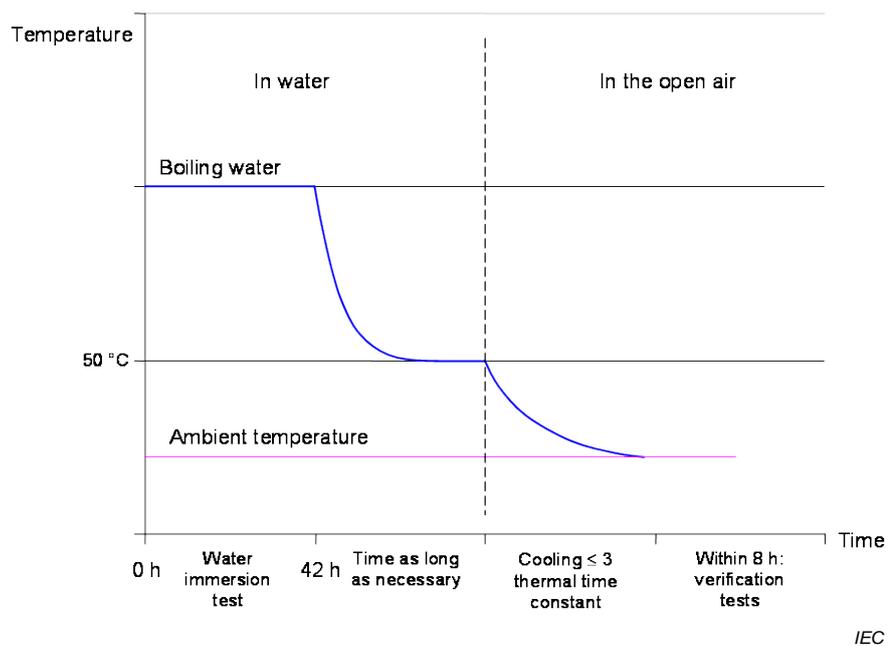
### 8.9.1.2.3.2 Water immersion test

The test samples shall be kept immersed in a vessel, in boiling deionised water with 1 kg/m<sup>3</sup> of NaCl, for 42 h.

NOTE 1 The characteristics of the water described above are those measured at the beginning of the test.

NOTE 2 This temperature (boiling water) can be reduced to 80 °C (with a minimum duration of 52 h) by agreement between the user and the manufacturer, if the manufacturer claims that its sealing material is not able to withstand the boiling temperature for a duration of 42 h. This value of 52 h can be expanded up to 168 h (i.e. one week) after agreement between the manufacturer and the user.

At the end of the boiling, the SVU shall remain in the vessel until the water cools to approximately 50 °C and shall be maintained in the water at this temperature until verification tests can be performed. The SVU shall be removed from the water and cooled to ambient temperature for not longer than three thermal time constants of the sample. The 50 °C holding temperature is necessary only if it is necessary to delay the verification tests after the end of the water immersion test as shown in Figure 7. Evaluation tests shall be made within the time specified in 8.9.1.2.4. After removing the sample from the water it may be washed with tap water.



IEC 2903/10

Figure 7 – Test sequence of the water immersion test

### 8.9.1.2.4 Test evaluation

Tests according to 8.9.1.2.2 shall be repeated on each test sample.

The SVU shall have passed the test if the following is demonstrated:

#### a) SVUs of EGLAs for $U_m > 52$ kV

After step 2:

- there is no visible damage;

- the slope of the force-deflection curve remains positive up to the SSL value except for dips not exceeding 5 % of SSL magnitude. The sampling rate of digital measuring equipment shall be at least  $10 \text{ s}^{-1}$ . The cut-off frequency of the measuring equipment shall be not less than 5 Hz.

Maximum deflection during step 1 and 2 and any remaining permanent deflection after the test shall be reported.

After step 3:

within 8 h after cooling as defined in Figure 7:

- the increase in watt losses, measured at 0,7 times  $U_{\text{ref}}$  and at an ambient temperature that does not deviate by more than 3 K from the initial measurements, is not more than the greater of 20 mW/kV of (0,7 times  $U_{\text{ref}}$ ) or 20 %;
- the internal partial discharge measured at 0,7 times  $U_{\text{ref}}$  does not exceed 10 pC;

at any time after the above watt losses and partial discharge measurements:

- for SVUs with enclosed gas volume and separate sealing system, the samples pass the leakage test in accordance with 9.1 c);
- the residual voltage measured on the complete sample at the same current value and wave shape as the initial measurement is not more than 5 % different from the initial measurement;
- the difference in voltage between two successive impulses at nominal discharge current does not exceed 2 %, and the oscillograms of voltage and current do not reveal any partial or full breakdown of the test sample. The current wave shape shall be in the range of  $T_1/T_2 = (4 \text{ to } 10)/(10 \text{ to } 25) \mu\text{s}$ , and the impulses shall be administered 50 s to 60 s apart.

NOTE In case of extra long SVUs where the blocks can be dismantled this part of the evaluation test can be performed on individual blocks or stacks of blocks. If the blocks cannot be dismantled a possible procedure would be to drill a hole in the SVU insulation to make contact with the internal stack at a metal spacer and in this way be able to test shorter SVU sections.

- the change in reference voltage measured before and after the two residual voltage tests does not exceed 2 %.

#### **b) SVUs of EGLAs for $U_m \leq 52 \text{ kV}$**

After step 1:

- there is no visible damage;
- for step 1.1, the slope of the force-deflection curve remains positive up to the SSL value except for dips not exceeding 5 % of SSL magnitude. The sampling rate of digital measuring equipment shall be at least  $10 \text{ s}^{-1}$ . The cut-off frequency of the measuring equipment shall be not less than 5 Hz.

Maximum deflection during step 1 and any remaining permanent deflection after the test shall be reported.

After step 2:

within 8 h after cooling as defined in Figure 7:

- the increase in watt losses, measured at 0,7 times  $U_{\text{ref}}$  and at an ambient temperature that does not deviate by more than 3 K from the initial measurements, is not more than the greater of 20 mW/kV of (0,7 times  $U_{\text{ref}}$ ) or 20 %;
- the internal partial discharge measured at 0,7 times  $U_{\text{ref}}$  does not exceed 10 pC;

at any time after the above watt losses and partial discharge measurements:

- for SVUs with enclosed gas volume and separate sealing system, the samples pass the leakage test in accordance with 9.1 c);
- the residual voltage measured at the same current value and wave shape as the initial measurement is not more than 5 % different from the initial measurement;
- the difference in voltage between two successive impulses at nominal discharge current does not exceed 2 %, and the oscillograms of voltage and current do not reveal any partial or full breakdown of the test sample. The current wave shape shall be in the range of  $T_1/T_2 = (4 \text{ to } 10)/(10 \text{ to } 25) \mu\text{s}$  and the impulses shall be administered 50s to 60 s apart.
- the change in reference voltage measured before and after the two residual voltage tests does not exceed 2 %.

NOTE In case of extra long SVUs where the blocks can be dismantled, the residual voltage test can be performed on individual blocks or stacks of blocks. If the blocks cannot be dismantled, a possible procedure would be to drill a hole in the SVU insulation to make contact with the internal stack at a metal spacer and in this way be able to test shorter SVU sections.

## 8.9.2 Vibration test

### 8.9.2.1 General

This test demonstrates that the SVU is able to withstand the vibration stress specified by the manufacturer. The test shall be performed on one complete SVU.

This is a mandatory test if not performed as an acceptance test according to 10.7.

NOTE A vibration test should also be performed on the spark gap. The mechanical stress should be comparable to the stress which is required for the SVU, and the test sample installation condition should be agreed between the manufacturer and the purchaser.

### 8.9.2.2 Test procedure and test condition

- Installation condition: Intended most critical way of mounting
- Load: Actual electrode or loaded by maximum specified weight
- Acceleration at SVU's free end: 1-g
- Number of oscillations:  $1 \cdot 10^6$  (one million)
- Frequency: Resonance frequency of the SVU
- Direction of oscillations: Intended most critical direction relative to the sample axis

NOTE Other acceleration values than 1-g may be specified on agreement between the manufacturer and the purchaser.

### 8.9.2.3 Test evaluation

The test evaluation shall be carried out as follows:

- a) The reference voltage measured before and after the test shall have changed by not more than 5 %.
- b) A partial discharge test according to 9.1 b) shall be passed successfully.
- c) Any change in residual voltage at (0,01 to 1) times nominal discharge current and a current wave shape in the range of  $T_1/T_2 = (4 \text{ to } 10)/(10 \text{ to } 25) \mu\text{s}$  measured before and after the test shall be within – 2 % to + 5 %.
- d) Visual examination of the test sample after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover and cracking or other significant damage of the test sample. If the metal-oxide resistors cannot be removed from test sample for visual examination, the following additional tests shall be performed to ensure that no damage occurred during the test.

After the residual voltage test c), two impulses at nominal discharge current shall be applied to the test sample. The first impulse shall be applied after sufficient time to allow cooling of the sample to ambient temperature. The second impulse shall be applied 50 to 60 s after the first one. During the two impulses, the oscillograms of both voltage and current shall not reveal any breakdown, and the difference of the residual voltage between the initial measurement before the test and the last of the two impulses after the test shall not exceed a range of – 2 % to + 5 %.

## **8.10 Weather aging tests**

### **8.10.1 General**

The environmental tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the SVU are not impaired by environmental conditions. The test shall be performed on one complete SVU of any length. For SVUs with an enclosed gas volume and a separate sealing system, the internal parts may be omitted. SVUs whose units differ only in terms of their lengths, and which are otherwise based on the same design and material, and have the same sealing system in each unit, are considered to be the same type of SVU.

### **8.10.2 Sample preparation**

Prior to the tests, the test sample shall be subjected to a leakage check by any sensitive method adopted by the manufacturer.

### **8.10.3 Test procedure**

The tests specified below shall be performed on one sample in the sequence given.

#### **8.10.3.1 Temperature cycling test**

The test shall be performed according to test Nb of IEC 60068-2-14. The hot period shall be at a temperature of at least +40 °C, but not higher than +70 °C. The cold period shall be at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than –50 °C:

- temperature change gradient: 1 K/min;
- duration of each temperature level: 3 h;
- number of cycles: 10.

#### **8.10.3.2 Salt mist test**

The test shall be performed according to Clause 4 and 7.6, as applicable, of IEC 60068-2-11:

- salt solution concentration: 5 % ± 1 % by weight;
- test duration: 96 h.

### **8.10.4 Test evaluation**

The SVU shall have passed the tests if the sample passes again the leakage check of 8.10.2.

### **8.10.5 Additional test procedure for polymer (composite and cast resin) housed SVUs**

For SVUs with polymer (composite and cast resin) housings, resistance to UV radiation shall be demonstrated by the UV test according to 8.10.5.1 and 8.10.5.2 (in line with 9.3.2 of IEC 62217). If a weather aging test report on the 5 000-h-test (Test Series B) according to 60099-4, 10.8.14 is available for the design, this may substitute the UV test if agreed between the manufacturer and the purchaser.

### 8.10.5.1 Procedure

Select three specimens of shed and housing materials for this test (with markings included, if applicable). The insulator housing material shall be subjected to a 1 000 h UV light test using one of the following test methods. Markings on the housing, if any, shall be directly exposed to UV light:

- Xenon-arc methods: ISO 4892-1 and ISO 4892-2, using method A without dark periods, standard spray cycle, black-standard/black panel temperatures of 65 °C, an irradiance of around 550 W/m<sup>2</sup>
- Fluorescent UV method: ISO 4892-1 and ISO 4892-3, using type I fluorescent UV lamp, exposure method 1 or 2.

NOTE A revision of the UV test is currently under consideration by Cigré WG D1.14.

### 8.10.5.2 Acceptance criteria

After the test, markings on shed or housing material shall be legible; surface degradations such as cracks and raised areas are not permitted. In case of doubt concerning such degradation, two surface roughness measurements shall be made on each of the three specimens. The roughness,  $R_z$  as defined in ISO 4287, shall be measured along a sampling length of at least 2,5 mm.  $R_z$  shall not exceed 0,1 mm.

NOTE ISO 3274 gives details of surface roughness measurement instruments.

## 9 Routine tests

### 9.1 General

The minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer shall be as follows:

- Measurement of reference voltage ( $U_{ref}$ ) of each SVU unit (see 3.7 and 6.8). The measured values shall be within a range specified by the manufacturer.
- Internal partial discharge test. This test shall be performed on each SVU unit. The test sample may be shielded against external partial discharges. The power-frequency voltage shall be increased to at least 0,7 times  $U_{ref}$ . At this voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the partial discharge shall not exceed 10 pC.
- For SVU units with sealed housing and an included gas volume, a leakage check shall be made on each SVU unit by any sensitive method adopted by the manufacturer.
- Residual voltage test of the SVU. The test may be performed either on a complete SVU, SVU units or on a sample comprising one or several metal-oxide resistor elements. The manufacturer shall specify a suitable lightning impulse current in the range between 0,01 and 1 times the nominal current at which the residual voltage is measured. If not directly measured, the residual voltage of the complete SVU is taken as the sum of the residual voltages of the resistor elements or the individual SVU units. The residual voltage for the complete SVU shall not be higher than the value specified by the manufacturer. The residual voltage shall be specified without inductive voltage drop due to the size of the SVU.

NOTE The residual voltage test d) may alternatively be performed with an impulse current corresponding to the maximum expected follow current value through the non-linear metal-oxide resistors. This point on the U-I characteristic must then have been measured in the type test (8.3.3).

## 10 Acceptance tests

### 10.1 General

When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, tests shall be selected among the following tests. The number and the way of preparation of test samples are given in Table 6, where "A" stands for the nearest lower whole number of the cubic root of the number of EGLA to be supplied.

**Table 6 – Acceptance tests**

Test item	Number of test samples	EGLA with (w) or without (wo) insulator	Section of EGLA with (w) or without (wo) insulator	Unit of SVU	Clause number
1. Reference voltage	"A"			Test	10.2
2. Internal partial discharge test	"A"			Test	10.3
3. RIV test	1	Test (w)			10.4
4. Test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level <sup>a)</sup>	1	Test (w)			10.5
5. Follow current interrupting test <sup>b)</sup>	1	Test (wo) <sup>c)</sup>	Test (wo) <sup>c)</sup>		10.6
6. Vibration test <sup>d)</sup>	1			Test (wo) <sup>e)</sup>	10.7
<sup>a)</sup> This test is mandatory if not performed as a type test in accordance with 8.4. <sup>b)</sup> This test is mandatory if not performed as a type test in accordance with 8.8. <sup>c)</sup> This test is performed either on a complete EGLA or a section of an EGLA, see 8.8.2. <sup>d)</sup> This test is mandatory if not performed as a type test in accordance with 8.9.2 <sup>e)</sup> This test is performed on a complete SVU including mounting hardware and the electrode of the external series gap attached.					

### 10.2 Reference voltage measurement of SVU

The reference voltage of the SVU shall be measured in accordance with 3.7 and 6.8. The measured values shall be within a range specified by the manufacturer.

### 10.3 Internal partial discharge test of SVU

The power-frequency voltage shall be increased to at least 0,7 times  $U_{ref}$ . At this voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the partial discharge shall not exceed 10 pC. The test sample may be shielded against external partial discharges.

### 10.4 Radio interference voltage (RIV) test

The EGLA with the insulator assembly to be protected shall be tested in accordance with 8.12 of IEC 60099-4. The test voltage shall be the maximum continuous phase to ground system voltage ( $U_s/\sqrt{3}$ ) that will be applied in service.

The EGLA with the insulator assembly shall be assembled in such a way that it simulates actual system installations. The test shall be performed on the longest EGLA, with the highest rated voltage used for a particular EGLA type. The test voltage shall be applied between the terminals of the EGLA.

The maximum radio interference level of the EGLA with the insulator assembly energized at the test voltage shall not exceed 2 500  $\mu$ V.

## 10.5 Test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level

### 10.5.1 General

This test for coordination between insulator withstand and EGLA protective level is mandatory as an acceptance test if not a type test according to 8.4 is performed. The test verifies the correct front-of-wave and standard lightning impulse sparkover voltages for the EGLA with the typical insulator assembly having the shortest insulation distance to be protected for the actual system.

Test sample is a complete EGLA with the insulator assembly connected in parallel.

### 10.5.2 Front-of-wave impulse sparkover test

Front-of-wave lightning impulse voltages of a virtual steepness of wave front enough to cause sparkover at wave front according to Table 7 shall be applied to the test sample, five times for each polarity under dry conditions.

**Table 7 – Virtual steepness of wave front of front-of-wave lightning impulses**

Rated voltage of EGLA kV	Virtual steepness of wave front kV/ $\mu$ s
$3 < U_r \leq 10$	$8,3 U_r$
$10 < U_r \leq 120$	$7,0 U_r$
$120 < U_r \leq 200$	$6,0 U_r$
$200 < U_r \leq 300$	1 300
$300 < U_r \leq 420$	1 500
$U_r > 420$	2 000

#### 10.5.2.1 Test evaluation

The EGLA has passed the test if all sparkovers at wave front occurred in the external series gap and no flashovers occurred at the insulator assembly.

### 10.5.3 Standard lightning impulse sparkover test

The purpose of this test is to determine the margin of protection the EGLA offers the insulator.

#### 10.5.3.1 Test procedure

The test voltage shall be a standard lightning impulse voltage 1,2/50. The purpose of this test is to verify the 50 % sparkover voltage value  $U_{50, EGLA}$  and to confirm sufficient protective margin between the sparkover voltage of the EGLA and the flashover voltage of the insulator to be protected.

The following test sequences a) and b) shall be performed in succession:

- The 50 % sparkover voltage of the EGLA shall be verified for each polarity by the up-and-down method according to IEC 60060-1.
- The series gap spacing of the EGLA shall be increased such that no sparkover occurs in the following test sequence: 15 lightning impulses of each polarity with a peak value equal to  $(1+X \times \sigma)$  times the 50 % sparkover voltage shall be applied to the test sample. The parameter X, specifying the protective margin between EGLA and insulator, shall be agreed upon between manufacturer and user. The minimum acceptable value is  $X = 1,3$ .

NOTE 1 If agreed between the manufacturer and the user, the 50 % flashover voltage of the insulator assembly may be verified by the up-and-down test.

NOTE 2 The protective margin should be evaluated by  $U_{50, \text{EGLA}}$  plus  $X$  times the standard deviation, ( $U_{50, \text{EGLA}} + X\sigma$ ) not being higher than  $U_{50, \text{Insulator}}$  minus  $X$  times the standard deviation, ( $U_{50, \text{Insulator}} - X \times \sigma$ ) of the insulator assembly to be protected. The value of  $X$  and the allowed number of flashovers of the insulator assembly are to be agreed upon between manufacturer and user. The standard deviation ( $\sigma$ ) is set to be 3 % for 1,2/50 impulses.

NOTE 3 A recommended value for  $X$  is 2,5.

### 10.5.3.2 Test evaluation

The sample has passed the test if no flashover occurs on the insulator assembly during test sequences a) and b) if no other criteria have been agreed upon between manufacturer and user (see NOTE 2 of 10.5.3.1).

## 10.6 Follow current interrupting test

### 10.6.1 General

This test is to verify follow current interrupting operation of the EGLA after the series gap has sparked over under a lightning impulse. The test sample is a complete EGLA or a section of EGLA.

The test also verifies the performance of the EGLA under polluted conditions by taking into account the current that would flow over the surface of the SVU housing due to the presence of a wetted pollution layer.

This test shall be performed either as an acceptance test with the SDD level agreed upon between manufacturer and purchaser or, alternatively, as a type test with a SDD level and EGLA configuration selected by the manufacturer, see 8.8.

The test shall be performed by either "Test method A" (see 8.8.2) or "Test method B" (see 8.8.3). If the pollution severity on site is "Very heavy" according to the definition in IEC/TS 60815-1, "test method B" shall be applied. Else, the choice of the test method is upon the manufacturer.

NOTE With "test method A", the effect of pollution on the SVU external surface leakage current is modelled by an additional linear resistor connected in parallel to the SVU, and the test is performed under clean and dry conditions. "Test method B" is a test under artificial pollution conditions.

### 10.6.2 Test procedure

See 8.8.2.2 and 8.8.3.2

### 10.6.3 Test sequence

See 8.8.2.3 and 8.8.3.2

### 10.6.4 Test evaluation

See 8.8.2.4 and 8.8.3.3

## 10.7 Vibration test on the SVU with attached electrode

This test demonstrates that the complete SVU including the attached electrode of the external series gap and mounting hardware is able to withstand the vibration stress expected in service.

This is a mandatory test if not performed as a type test according to 8.9.2.

### 10.7.1 Test procedure and test condition

- Installation condition: Mounting as in the intended in-service installation including mounting hardware and the electrode at the SVU
- Acceleration at SVU's free end:  $1 \times g$
- Number of oscillations:  $1 \times 10^6$  (one million)
- Frequency: Resonance frequency of the installation
- Direction of oscillations: Most critical load direction of the intended in-service installation

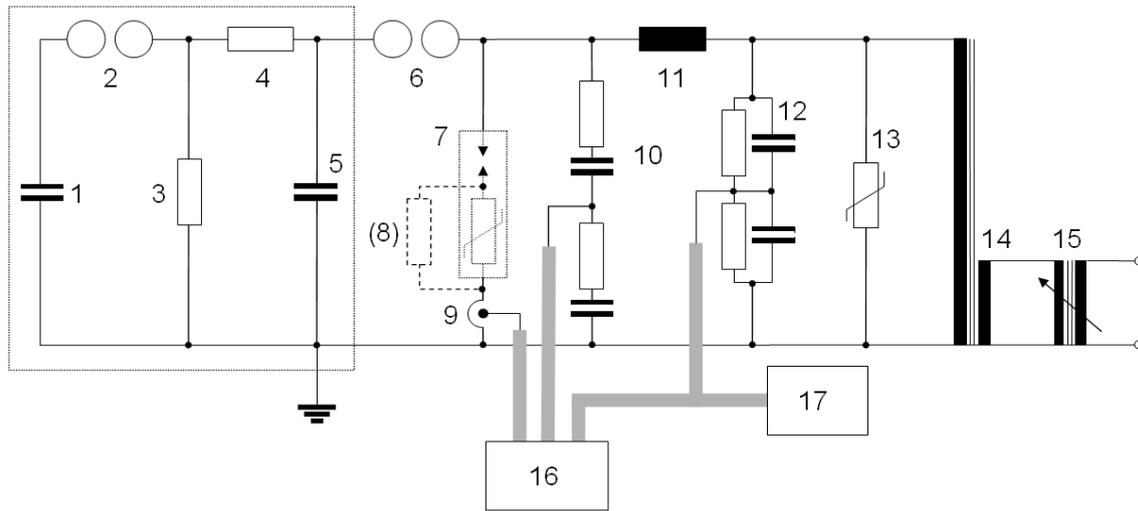
NOTE Other acceleration values than  $1xg$  may be specified on agreement between the manufacturer and the purchaser.

### 10.7.2 Test evaluation

- a) The reference voltage measured before and after the test shall have changed by not more than 5 %.
- b) A partial discharge test according to 9.1 b) shall be passed successfully.
- c) Any change in residual voltage at (0,01 to 1) times nominal discharge current and a current wave shape in the range of  $T1/T2 = (4 \text{ to } 10)/(10 \text{ to } 25) \mu\text{s}$  measured before and after the test shall be within (– 2 % to + 5 %).
- d) Visual examination of the test sample after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover and cracking or other significant damage of the test sample. If the metal-oxide resistors cannot be removed from test sample for visual examination, the following additional tests shall be performed to ensure that no damage occurred during the test. After the residual voltage test c), two impulses at nominal discharge current shall be applied to the test sample. The first impulse shall be applied after sufficient time to allow cooling of the sample to ambient temperature. The second impulse shall be applied 50 s to 60 s after the first one. During the two impulses, the oscillograms of both voltage and current shall not reveal any breakdown, and the difference of the residual voltage between the initial measurement before the test and the last of the two impulses after the test shall not exceed a range of (– 2 % to + 5 %).

## Annex A (informative)

### Example of a test circuit for the follow current interrupting test



IEC 2904/10

Figure A.1 gives an example of a test circuit for the follow current interrupting test on an EGLA of (15...50) kV rated voltage. The linear resistor (8) is only present for "Test method A".

#### Key

- 1 Charging capacitance of impulse generator
- 2 Triggering spark gap of impulse generator
- 3 Tail resistance for wave shape 1,2/50 of impulse generator
- 4 Front resistance for wave shape 1,2/50 of impulse generator
- 5 Load capacitance of impulse generator
- 6 Blocking sphere gap (sphere diameter 500 mm; gap length 1 300 mm)
- 7 Device under test: EGLA (SVU plus series gap)  
 $U_f = 15 \text{ kV to } 50 \text{ kV}$ , gap length = 200 mm to 1 700 mm
- 8 Parallel linear resistor to simulate SVU surface leakage current (only for "Test method A")
- 9 Current transformer
- 10 Damped capacitive divider
- 11 Inductance,  $L = 52 \text{ mH}$
- 12 Mixed RC divider
- 13 Metal-oxide surge arrester for protection of high-voltage test transformer,  $U_f = 156 \text{ kV}$
- 14 High-voltage test transformer
- 15 Regulating transformer
- 16 Three-channel oscilloscope
- 17 Peak/ $\sqrt{2}$  digital voltmeter

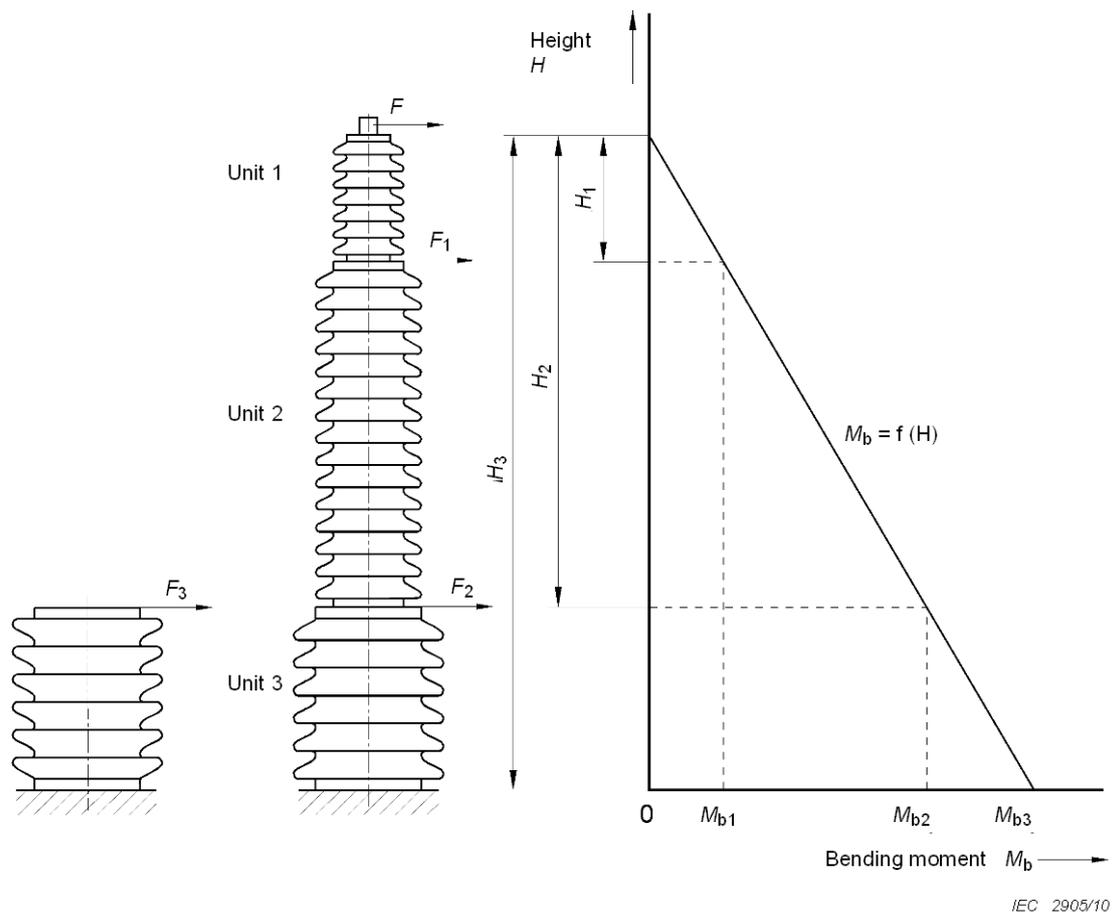
**Figure A.1 – Example of a test circuit for the follow current interrupting test**

## Annex B (normative)

### Mechanical considerations

#### B.1 Test of bending moment

In the case of a multi-unit SVU, each unit shall be tested with the bending moment according to Figure B.1. The required load is calculated as given below. If the units differ only in length, but are otherwise identical from material and design, it is not necessary to test each unit.



**Figure B.1 – Bending moment – Multi-unit SVU**

Testing the complete SVU, the moment affecting the bottom flange is  $M_{b3} = F \times H_3$ .

The moment affecting the top flange of the bottom unit is  $M_{b2} = F \times H_2$ .

If one unit is tested separately (example for unit 3), the test force  $F_2$  for the test of the bottom flange of unit 3 is as follows:

$$F_2 \times (H_3 - H_2) = F \times H_3$$

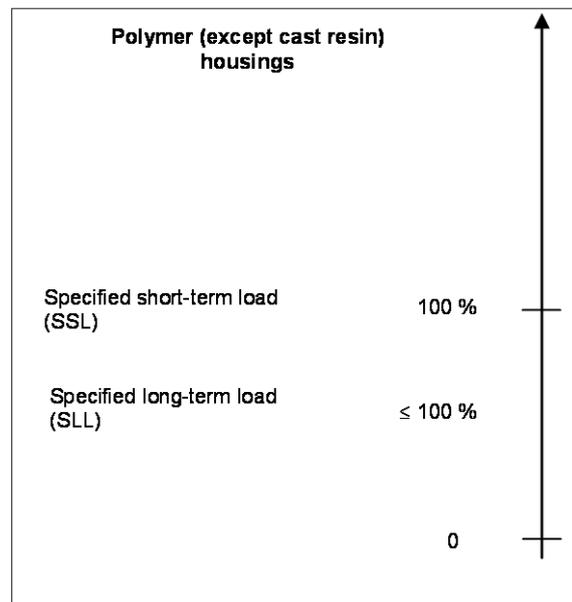
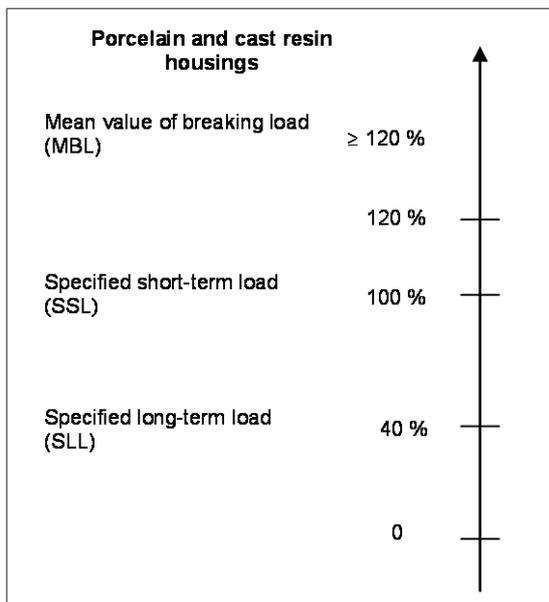
$$F_2 = \frac{F \times H_3}{(H_3 - H_2)}$$

The test of the top flange of unit 3 shall be performed with the unit in reversed position. Test force  $F_3$  for the test of the top flange of unit 3 is as follows:

$$F_3 \times (H_3 - H_2) = F \times H_2$$

$$F_3 = \frac{F \times H_2}{(H_3 - H_2)}$$

## B.2 Definition of mechanical loads



IEC 2906/10

### B.3 Definition of seal leak rate

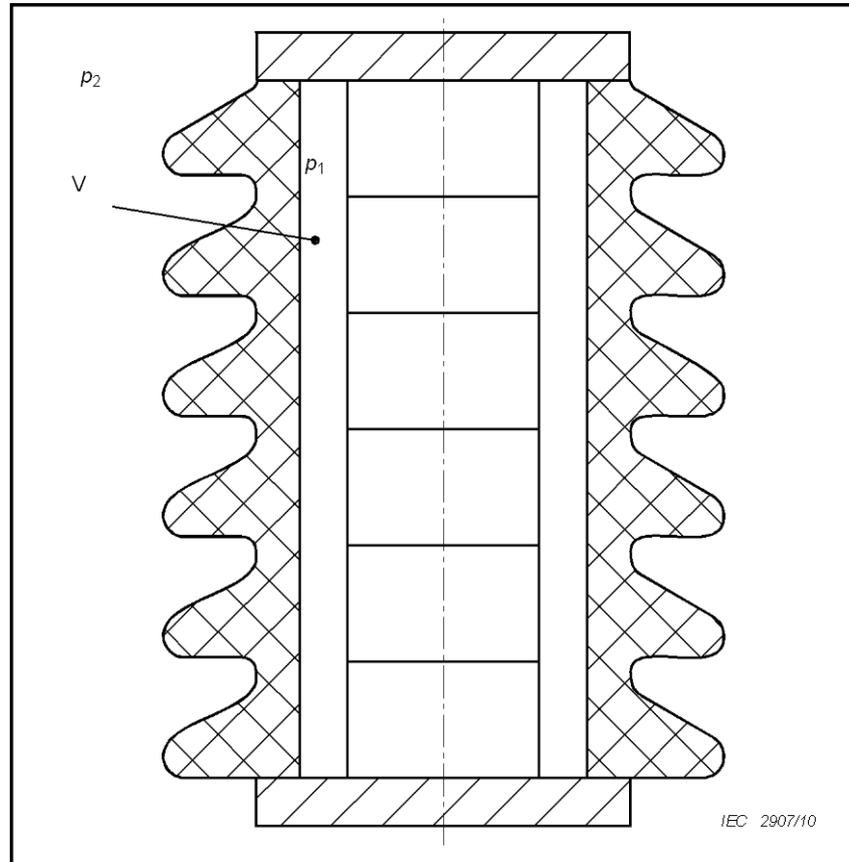


Figure B.2 – SVU unit

The seal leak rate specifies the quantity of gas per unit of time which passes the seals of the housing at a pressure difference of at least 70 kPa. If the efficiency of the sealing system depends on the direction of the pressure gradient, the worst case shall be considered.

$$\text{Seal leak rate} = \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t} \text{ at } |p_1 - p_2| \geq 70 \text{ kPa and at a temperature of } +20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K,}$$

where

$$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1);$$

$p_1(t)$  is the internal gas pressure of the arrester housing as a function of time (Pa);

$p_2$  is the gas pressure exterior to the arrester (Pa);

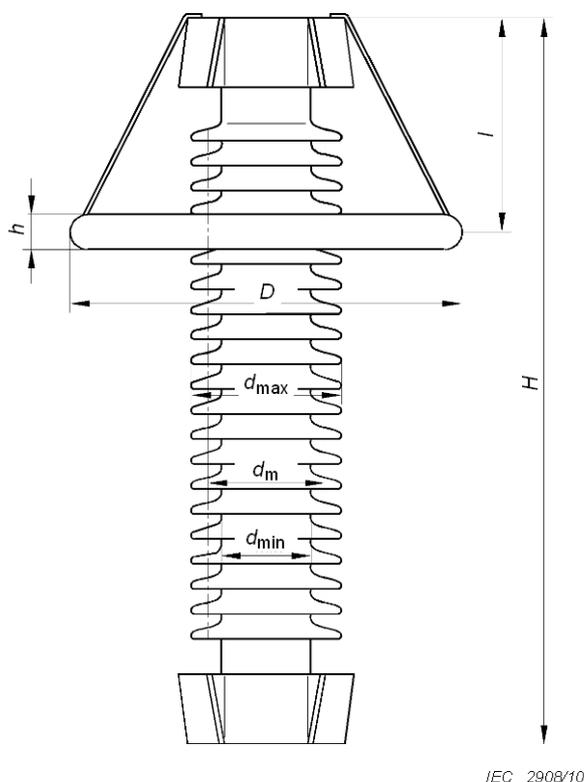
$t_1$  is the start time of the considered time interval (s);

$t_2$  is the end time of the considered time interval (s);

$$\Delta t = t_2 - t_1;$$

$V$  is the internal gas volume of the arrester ( $\text{m}^3$ ).

### B.4 Calculation of wind-bending-moment



IEC 2908/10

**Figure B.3 – SVU dimensions**

$$M_w = P \times H \times d_m \times C \times H/2 + P \times D \times h \times (H - l)$$

where

$$P = (P_1/2) \times V^2 ;$$

$$d_m = (d_{max} + d_{min})/2$$

$M_w$  is the bending moment caused by the wind (Nm);

$H$  is the height of the arrester (m);

$d_m$  is the mean value of the insulator diameter (m);

$h$  is the thickness of the grading ring (m);

$D$  is the diameter of the grading ring (m);

$l$  is the grading ring distance to the top (m);

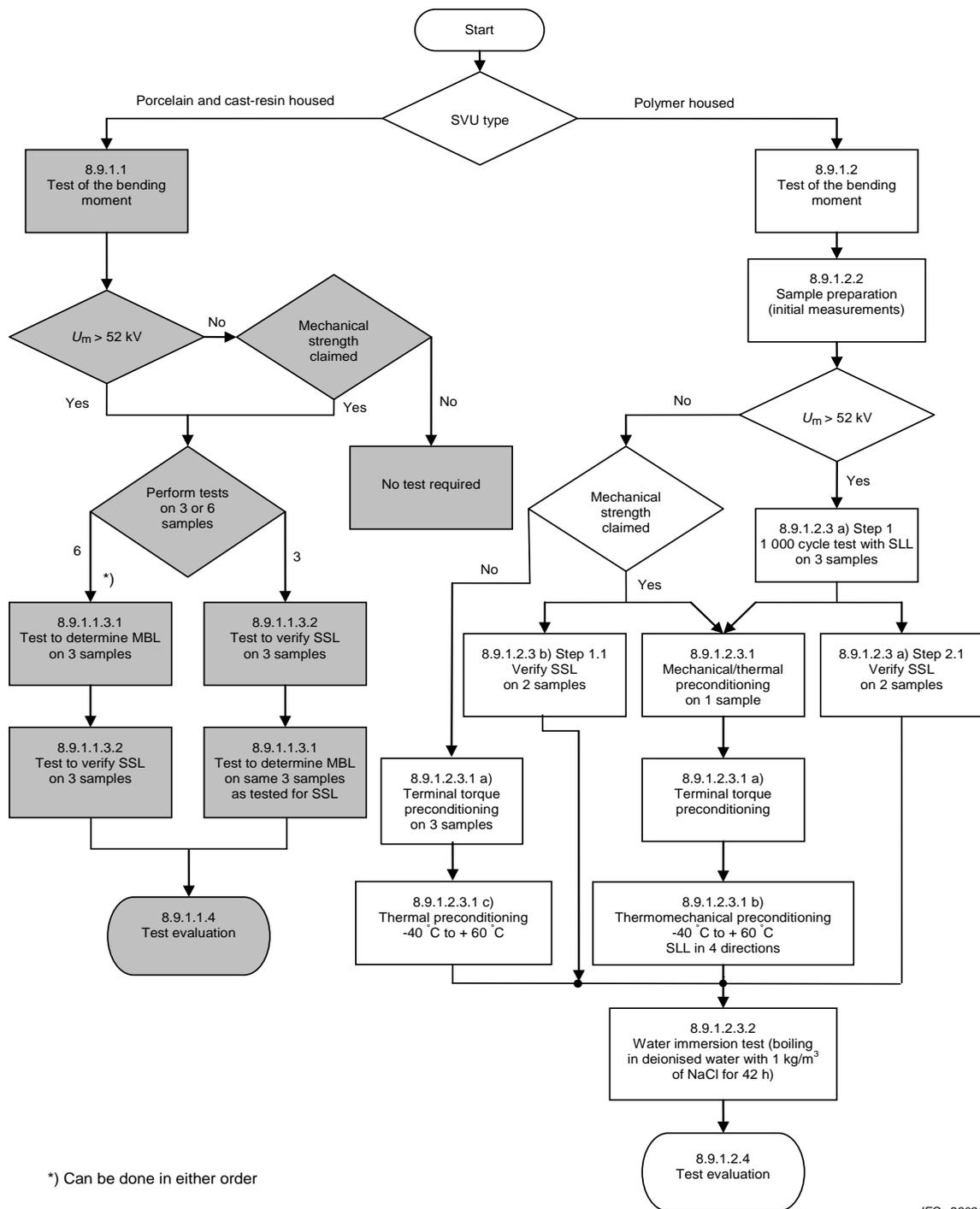
$C$  is the coefficient of drag for cylindrical parts; equal to 0,8;

$P$  is the dynamic pressure of the wind (N/m<sup>2</sup>);

$P_1$  is the density of air at 1,013 bar and 0 °C; equal to 1,29 kg/m<sup>3</sup>;

$V$  is the wind velocity (m/s).

**B.5 Flow chart – Procedures of tests of bending moment for porcelain/cast resin and polymer-housed SVUs**



\*) Can be done in either order

## **Bibliography**

IEEE C62.11, *Standard for metal-oxide surge arrester for alternating current power circuits (>1 kV)*

ISO 3274, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

---



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	65
INTRODUCTION.....	67
1 Domaine d'application .....	68
2 Références normatives.....	68
3 Termes et définitions .....	69
4 Identification et classification.....	72
4.1 Identification des EGLA.....	72
4.2 Classification des EGLA .....	72
5 Caractéristiques assignées et conditions de service .....	73
5.1 Tensions assignées normalisées .....	73
5.2 Fréquences assignées normalisées.....	73
5.3 Valeurs normalisées du courant nominal de décharge .....	73
5.4 Conditions de service .....	73
5.4.1 Conditions normales de service .....	73
5.4.2 Conditions anormales de service .....	74
6 Exigences.....	74
6.1 Tenue de l'isolation du SVU et de l'EGLA complet.....	74
6.1.1 Tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU .....	74
6.1.2 Tenue de l'isolation de l'EGLA avec SVU en court-circuit (défectueux) .....	74
6.2 Tensions résiduelles.....	74
6.3 Fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude.....	74
6.4 Capacité de décharge aux chocs de foudre .....	75
6.5 Comportement du SVU aux courants de court-circuit.....	75
6.6 Performances mécaniques .....	75
6.7 Vieillesse climatique du SVU .....	75
6.8 Tension de référence du SVU.....	75
6.9 Décharges partielles internes .....	75
6.10 Coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA.....	76
6.11 Coupure du courant de suite .....	76
6.12 Compatibilité électromagnétique.....	76
6.13 Fin de cycle.....	76
7 Conditions générales d'exécution des essais.....	76
7.1 Appareillage de mesure et précision.....	76
7.2 Echantillons destinés aux essais .....	77
8 Essais de type .....	77
8.1 Généralités.....	77
8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU et de l'EGLA avec SVU défectueux .....	78
8.2.1 Généralités.....	78
8.2.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU .....	78
8.2.3 Essais de tenue de l'isolation de l'EGLA avec SVU défectueux.....	79
8.3 Essais de tensions résiduelles.....	80
8.3.1 Généralités.....	80
8.3.2 Procédure de correction et de calcul des tensions inductives.....	80

8.3.3	Essai de la tension résiduelle aux chocs de courant de foudre .....	81
8.3.4	Essai de la tension résiduelle aux chocs de courant de grande amplitude .....	82
8.4	Essai d'amorçage au choc de foudre normal .....	82
8.5	Essai de tenue aux chocs de courant de grande amplitude.....	83
8.5.1	Choix des échantillons d'essai.....	83
8.5.2	Procédure d'essai.....	83
8.5.3	Evaluation de l'essai.....	83
8.6	Essai de la capacité de décharge aux chocs de foudre.....	84
8.6.1	Choix des échantillons d'essai.....	84
8.6.2	Procédure d'essai.....	84
8.6.3	Paramètres de l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre.....	85
8.6.4	Mesures au cours de l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre.....	85
8.6.5	Capacité assignée de décharge aux chocs de foudre .....	85
8.6.6	Liste des valeurs assignées de charge .....	85
8.7	Essais de court-circuit .....	85
8.7.1	Généralités.....	85
8.7.2	Préparation des échantillons d'essai.....	86
8.7.3	Montage de l'échantillon d'essai .....	87
8.7.4	Essais de court-circuit à courants de forte amplitude .....	88
8.7.5	Essai de court-circuit à courants de faible amplitude .....	91
8.7.6	Evaluation des résultats d'essai.....	91
8.8	Essai de coupure du courant de suite .....	96
8.8.1	Généralités.....	96
8.8.2	« Méthode d'essai A » .....	96
8.8.3	"Méthode d'essai B".....	98
8.9	Essais d'efforts mécaniques du SVU .....	100
8.9.1	Essai de flexion .....	100
8.9.2	Essai de vibrations .....	109
8.10	Essais de vieillissement climatique.....	110
8.10.1	Généralités.....	110
8.10.2	Préparation des échantillons.....	110
8.10.3	Procédure d'essai.....	110
8.10.4	Evaluation de l'essai.....	111
8.10.5	Procédure d'essai supplémentaire applicable aux SVU à enveloppe en polymère (composite et résine moulée).....	111
9	Essais individuels .....	111
9.1	Généralités.....	111
10	Essais de réception .....	112
10.1	Généralités.....	112
10.2	Mesure de la tension de référence d'un SVU .....	112
10.3	Essai de décharges partielles internes du SVU .....	113
10.4	Essai aux tensions perturbatrices RF .....	113
10.5	Essai de la coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA .....	113
10.5.1	Généralités.....	113
10.5.2	Essai d'amorçage au choc sur front d'onde.....	113
10.5.3	Essai d'amorçage au choc de foudre normal.....	114

10.6	Essai de coupure du courant de suite .....	114
10.6.1	Généralités .....	114
10.6.2	Procédure d'essai .....	115
10.6.3	Séquence d'essai .....	115
10.6.4	Evaluation de l'essai .....	115
10.7	Essai de vibrations du SVU avec électrode en place .....	115
10.7.1	Procédure et conditions d'essai .....	115
10.7.2	Evaluation de l'essai .....	115
Annexe A (informative)	Exemple de circuit d'essai de coupure du courant de suite .....	117
Annexe B (normative)	Considérations d'ordre mécanique .....	118
Bibliographie	.....	123
Figure 1	– Configuration d'un EGLA avec isolateur et corne de garde .....	67
Figure 2	– Exemples d'éléments de SVU .....	94
Figure 3	– Montage d'essai de court-circuit.....	95
Figure 4	– Exemple de circuit d'essai pour réappliquer le circuit pré-dégradé immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit.....	96
Figure 5	– Essai thermomécanique .....	105
Figure 6	– Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion .....	106
Figure 7	– Essai d'immersion dans l'eau .....	107
Figure A.1	– Exemple de circuit d'essai de coupure du courant de suite .....	117
Figure B.1	– Moment de flexion – SVU à plusieurs éléments.....	118
Figure B.2	– Élément de SVU .....	120
Figure B.3	– Dimensions du SVU .....	121
Tableau 1	– Classification des EGLA – « Série X » et « Série Y » .....	72
Tableau 2	– Echelons de tension assignée (valeurs efficaces) .....	73
Tableau 3	– Essais de type (tous les essais doivent être réalisés sans l'ensemble isolateur) .....	77
Tableau 4	– Exigences d'essai.....	92
Tableau 5	– Courants exigés pour les essais de court-circuit .....	93
Tableau 6	– Essais de réception .....	112
Tableau 7	– Raideur conventionnelle du front d'onde de choc de foudre sur front d'onde .....	113

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## PARAFONDRES –

### Partie 8: Parafoudres à oxyde métallique avec éclateur extérieur en série (EGLA) pour lignes aériennes de transmission et de distribution de réseaux à courant alternatif de plus de 1 kV

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60099-8 a été établie par le comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37/370/FDIS	37/377/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 stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

## INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60099 concerne les parafoudres de ligne avec éclateur extérieur en série (EGLA: *Externally gapped line arrester*).

Ce type de parafoudre est directement branché en parallèle à un ensemble isolateur. Il est constitué d'un bloc de varistances en série (SVU: *series varistor unit*), réalisé à partir de résistances variables à oxyde métallique enrobées dans une enveloppe en polymère ou en porcelaine et d'un éclateur extérieur en série; voir la Figure 1.

Le but d'un EGLA est de protéger l'ensemble isolateur monté en parallèle contre les surtensions provoquées par la foudre. Par conséquent, il convient que l'éclateur extérieur en série ne s'amorce qu'en présence de surtensions à front rapide. Il y a lieu que l'éclateur supporte toutes les surtensions à fréquence industrielle et à front lent apparaissant sur le réseau.

En cas de défaillance du SVU, il convient que l'éclateur extérieur en série puisse isoler le SVU du réseau.

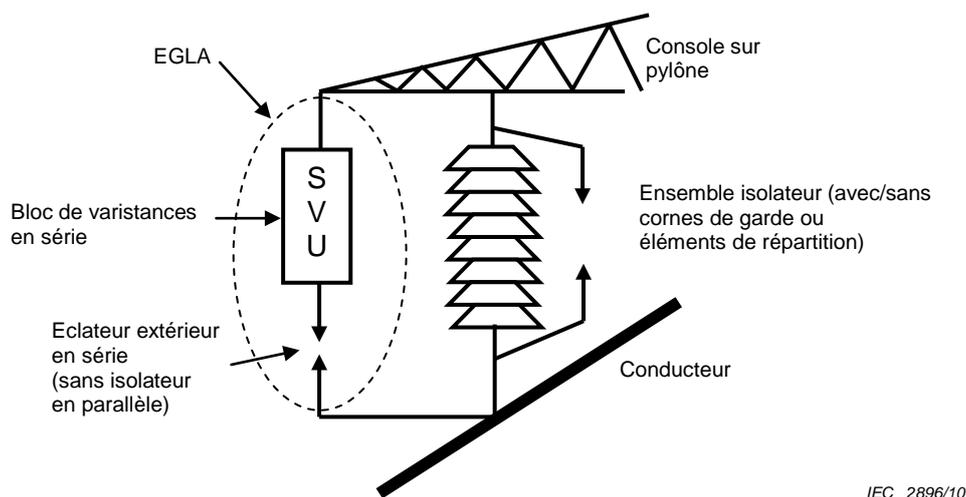


Figure 1 – Configuration d'un EGLA avec isolateur et corne de garde

## PARAFOUDRES –

### **Partie 8: Parafoudres à oxyde métallique avec éclateur extérieur en série (EGLA) pour lignes aériennes de transmission et de distribution de réseaux à courant alternatif de plus de 1 kV**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 60099 concerne les parafoudres à oxyde métallique, de ligne avec éclateur extérieur en série (EGLA) utilisés sur les lignes aériennes de transmission et de distribution, uniquement pour protéger les ensembles isolateurs contre les contournements provoqués par la foudre.

Cette norme définit des parafoudres destinés à protéger l'ensemble isolateur uniquement contre les surtensions provoquées par la foudre. Par conséquent, et sachant que les résistances à oxyde métallique ne sont pas connectées en permanence à la ligne, les éléments suivants ne sont pas pris en compte dans la présente norme:

- la tension d'amorçage au choc de manœuvre;
- la tension résiduelle au choc de courant à front raide et au choc de courant de manœuvre;
- la stabilité thermique;
- la tenue au choc de courant de longue durée en fonctionnement;
- la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps, d'un parafoudre;
- les essais portant sur les dispositifs de déconnexion;
- le fonctionnement et le vieillissement sous tension à fréquence industrielle.

Compte tenu de la conception particulière et du caractère unique de l'application aux lignes aériennes de transmission et de distribution, certaines exigences et essais spécifiques ont été introduits, tels que l'essai de vérification de la coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA, l'essai de coupure du courant de suite, les essais d'efforts mécaniques, etc.

Les conceptions avec des EGLA à éclateur extérieur en série montés en parallèle sur un isolateur ne sont pas couvertes par la présente norme.

#### **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 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60060-2:1994, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60068-2-11:1981, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais– Essai kA: Brouillard salin*

CEI 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60099-4:2009, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI/TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)

CEI 62217:2005, *Isolateurs polymériques pour utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur, avec une tension nominale supérieure à 1000 V. Définitions générales, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

ISO 3274, *Spécification géométrique des produits (GPS) – État de surface: Méthode du profil – Caractéristiques nominales des appareils à contact (palpeur)*

ISO 4287, *Spécification géométrique des produits (GPS) – État de surface: Méthode du profil – Termes, définitions et paramètres d'état de surface*

ISO 4892-1, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 1: Guide général*

ISO 4892-2, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 2: Lampes à arc au xénon*

ISO 4892-3, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 3: Lampes fluorescentes UV*

### 3 Termes et définitions

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

#### 3.1

##### **parafoudre de ligne avec éclateur extérieur en série**

##### **EGLA (*externally gapped line arrester*)**

parafoudre conçu pour être installé sur les lignes aériennes de manière à protéger un ensemble isolateur uniquement contre les surtensions à front rapide provoquées par la foudre

NOTE Cette protection est réalisée en élevant la valeur de la tension d'amorçage de l'éclateur extérieur en série à un niveau qui permet d'isoler le parafoudre des surtensions à fréquence industrielle et à front lent les plus défavorables dues aux chocs de manœuvre et aux événements de défaut prévus sur la ligne à laquelle elle est appliquée.

#### 3.2

##### **bloc de varistances en série**

##### **SVU (*series varistor unit*)**

pièce comportant des résistances variables à oxyde métallique, contenue dans une enveloppe et devant être reliée à un éclateur extérieur en série pour réaliser le parafoudre complet

NOTE Le bloc de varistances en série peut être constitué de plusieurs éléments.

**3.3****fraction d'un EGLA**

partie complète d'un EGLA complet, correctement assemblée, nécessaire pour représenter le comportement d'un EGLA complet lors d'un essai particulier

**3.4****fraction d'un SVU**

partie complète d'un élément de SVU, correctement assemblée, nécessaire pour représenter le comportement d'un SVU lors d'un essai particulier

**3.5****élément d'un SVU**

partie d'un SVU, entièrement contenue dans une enveloppe, qui peut être connectée en série et/ou en parallèle avec d'autres éléments d'un SVU pour réaliser, en association avec l'éclateur extérieur en série, un EGLA ayant des valeurs assignées de tension et/ou de courant plus élevées

**3.6****tension assignée d'un EGLA** $U_r$ 

valeur maximale de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre les bornes d'un EGLA et à laquelle il est prévu qu'il fonctionne correctement

NOTE 1 La tension assignée est utilisée comme paramètre de référence pour la spécification des caractéristiques de fonctionnement et de coupure du courant.

NOTE 2 A la différence de la tension assignée des parafoudres sans éclateur (en série), la tension assignée d'un EGLA est une tension qui peut être appliquée de manière continue.

**3.7****tension de référence d'un SVU** $U_{ref}$ 

valeur de crête divisée par  $\sqrt{2}$  de la tension à fréquence industrielle qu'il convient d'appliquer aux bornes du SVU pour que celui-ci soit parcouru par le courant de référence

NOTE La tension de référence d'un SVU à plusieurs éléments est la somme des tensions de référence de chaque élément.

**3.8****courant de référence d'un SVU** $I_{ref}$ 

valeur de crête (la plus grande des deux polarités si le courant est dissymétrique) de la composante résistive du courant à fréquence industrielle utilisée pour déterminer la tension de référence d'un SVU

NOTE 1 Il convient que le courant de référence soit suffisamment élevé pour rendre négligeables les effets des capacités parasites à la tension de référence mesurée des éléments de SVU. Il est spécifié par le fabricant.

NOTE 2 En fonction du courant nominal de décharge de l'EGLA, le courant de référence est typiquement dans la gamme de 0,05 mA à 1,0 mA par centimètre carré de surface d'une résistance à oxyde métallique pour les SVU à colonne unique.

**3.9****courant assigné de court-circuit d'un SVU** $I_s$ 

valeur efficace du courant de court-circuit le plus élevé à laquelle le SVU ne subit pas une défaillance telle qu'elle occasionne une rupture explosive de l'enveloppe et à laquelle l'auto-extinction de flammes nues (éventuelles) se produit dans une période de temps définie

**3.10****tension résiduelle d'un EGLA**

valeur de crête de la tension entre la longueur de borne à borne de l'EGLA, y compris l'éclateur en série et les connexions pendant le passage du courant de décharge

**3.11****tension résiduelle d'un SVU**

valeur de crête de la tension entre les bornes d'un SVU pendant le passage du courant de décharge

**3.12****courant de surface d'un SVU**

courant circulant à la surface du SVU

**3.13****courant de suite**

$I_{\text{follow}}$

courant qui suit immédiatement un choc à travers un EGLA, avec la tension à fréquence industrielle comme source

**3.14****effort à long terme spécifié d'un SVU****SLL (*specified long-term load*)**

force mécanique perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un SVU qu'il est admis d'appliquer de manière permanente en service sans provoquer de dommages mécaniques au SVU

**3.15****effort à court terme spécifié d'un SVU****SSL (*specified short-term load*)**

force mécanique la plus élevée perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un SVU qu'il est admis d'appliquer en service pendant de courtes périodes et en cas d'événements relativement rares (par exemple des efforts dus à des courants de court-circuit et à des vents très élevés) sans provoquer de dommages mécaniques au SVU

**3.16****effort moyen à la rupture d'un SVU****MBL (*mean breaking load*)**

valeur moyenne de l'effort à la rupture de SVU à enveloppe en porcelaine ou en résine moulée, déterminée sur la base d'essais

**3.17****choc de courant de grande amplitude**

valeur de crête du courant de décharge de forme d'onde 4/10 ou 2/20 utilisée pour vérifier la capacité de tenue du SVU à des cas de foudre extrêmes

**3.18****densité de dépôt de sels****SDD (*salt deposit density*)**

quantité de sels déposée sur une surface donnée de l'enveloppe d'un SVU, divisée par l'aire de cette surface; généralement exprimée en mg/cm<sup>2</sup>

**3.19****essai de vérification de la coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA**

essai permettant de vérifier que l'EGLA aura un comportement d'amorçage correct et écrêtera les surtensions dues à la foudre à des valeurs bien inférieures à la tension de contournement de l'ensemble isolateur monté en parallèle

### 3.20

#### essai de tenue aux vibrations

essai permettant de vérifier que le SVU et ses connecteurs peuvent supporter les niveaux de vibrations mécaniques spécifiés

## 4 Identification et classification

### 4.1 Identification des EGLA

Un EGLA doit être au moins défini au moyen des informations suivantes qui doivent figurer sur une plaque signalétique fixée à demeure sur le parafoudre:

- la tension assignée  $U_r$ , en kV;
- la fréquence assignée en Hz, uniquement si elle est inférieure à 48 Hz ou supérieure à 62 Hz;
- les informations relatives à la série de classification (par exemple: « X1 », « Y2 »);
- le courant assigné de court-circuit  $I_s$ , en kA;
- le nom du fabricant ou la marque de fabrique;
- l'année de construction;
- le numéro de série (au moins pour les parafoudres de tension  $U_m > 52$  kV);
- la capacité de décharge aux chocs de foudre (valeur de charge uniquement), en C; par exemple: « 8 C ».

Les informations concernant l'écartement exigé des électrodes, y compris les tolérances applicables, doivent être fournies de manière appropriée, par exemple dans le manuel.

### 4.2 Classification des EGLA

Les EGLA sont classés en fonction des valeurs nominales de leurs courants de décharge et de leurs capacités de tenue aux chocs de courant de grande amplitude tels que définis dans le Tableau 1; de même ils doivent au moins satisfaire aux exigences d'essai et caractéristiques de fonctionnement spécifiées dans le Tableau 3. Ces parafoudres ne font l'objet d'aucun essai de fonctionnement aux surtensions à front lent et à fréquence industrielle.

**Tableau 1 – Classification des EGLA – « Série X » et « Série Y »**

Série X					Série Y				
Désignation de la classe	X1	X2	X3	X4	Désignation de la classe	Y1	Y2	Y3	Y4
Courant nominal de décharge (kA), 8/20	5	5	10	20	Courant nominal de décharge (kA), 2/20	5	10	15	20
Choc de courant de grande amplitude (kA), 4/10	40	65	100	100	Choc de courant de grande amplitude (kA), 2/20	10	25	40	65

NOTE 1 La « Série X » correspond à la classification de la CEI 60099-4. Les normes CEI et IEEE utilisent un courant nominal de décharge de forme d'onde 8/20 et un choc de courant de grande amplitude de forme d'onde 4/10. La « Série Y » correspond à la classification utilisée au Japon pour les applications de lignes protégées (blindées). La spécification d'une forme d'onde 2/20 à la fois pour le courant nominal de décharge et le choc de courant de grande amplitude se fonde sur cette application particulière.

NOTE 2 Il est admis d'appliquer, en fonction des conditions de service, des valeurs de choc de courant de grande amplitude autres que celles spécifiées dans ce tableau.

## 5 Caractéristiques assignées et conditions de service

### 5.1 Tensions assignées normalisées

Les valeurs normalisées de tension assignée (valeurs efficaces) des parafoudres sont spécifiées dans le Tableau 2 en échelons de tension constants dans les plages de tensions spécifiées.

**Tableau 2 – Echelons de tension assignée (valeurs efficaces)**

Plage de tensions assignées (kV)	Echelons de tension assignée (kV)
3 - 30	1
> 30 - 54	3
> 54 - 96	6
> 96 - 288	12
> 288 - 396	18
> 396	24
NOTE Des valeurs de tension assignée autres que celles indiquées ci-dessus sont admissibles à condition qu'elles soient des multiples de 6.	

### 5.2 Fréquences assignées normalisées

Les fréquences assignées normalisées vont de 48 Hz à 62 Hz.

### 5.3 Valeurs normalisées du courant nominal de décharge

Les valeurs normalisées du courant nominal de décharge pour des formes d'onde 8/20 ou 2/20 sont les suivantes: 5 kA, 10 kA, 15 kA et 20 kA.

### 5.4 Conditions de service

#### 5.4.1 Conditions normales de service

Les EGLA conformes à la présente norme doivent pouvoir fonctionner dans les conditions normales de service suivantes:

- température ambiante de l'air comprise entre  $-40\text{ °C}$  et  $+40\text{ °C}$ ;
- altitude ne dépassant pas 1 000 m;
- fréquence de la source d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz maximum;
- tension à fréquence industrielle appliquée de façon continue entre les bornes de l'EGLA ne dépassant pas sa tension assignée;
- conditions mécaniques: non spécifiées (voir NOTE);
- vitesse du vent: non spécifiée (voir NOTE);
- conditions de pollution: il peut y avoir pollution par la poussière, la fumée, les gaz corrosifs, les vapeurs ou le sel; cependant il ne faut pas qu'elle dépasse le niveau de pollution « forte » tel que défini dans la CEI/TS 60815-1.

NOTE Il est reconnu que les questions mécaniques et d'environnement sont déterminantes pour le service; cependant, du fait de la grande variété de configurations d'installation envisageables, il n'est pas possible de fournir des valeurs normalisées pour les points e) et f).

### 5.4.2 Conditions anormales de service

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à des conditions de service autres que les conditions normales peuvent exiger une étude spéciale pour leur conception, leur fabrication ou leur utilisation. L'utilisation de la présente norme en cas de conditions anormales de service doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

## 6 Exigences

### 6.1 Tenue de l'isolation du SVU et de l'EGLA complet

#### 6.1.1 Tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU

L'enveloppe du SVU doit supporter une tension de choc de foudre de

- a) pour la « Série X »: 1,4 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge;
- b) pour la « Série Y »: 1,13 fois la tension résiduelle au choc de courant de grande amplitude, mais au moins 1,3 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge.

NOTE Le facteur de 1,4 du cas a) tient compte des variations des conditions atmosphériques et de valeurs du courant de décharge jusqu'à trois fois égales au courant nominal de décharge.

#### 6.1.2 Tenue de l'isolation de l'EGLA avec SVU en court-circuit (défectueux)

L'EGLA doit avoir les performances suivantes de tenue de l'isolation:

- a) l'EGLA doit supporter le niveau spécifié de tension de tenue au choc de manœuvre du système même si le SVU a été mis en court-circuit du fait d'une surcharge (défaillance);
- b) l'EGLA doit pouvoir supporter les valeurs et durées maximales de surtensions temporaires entre phase et terre même si le SVU a été mis en court-circuit du fait d'une surcharge (défaillance).

### 6.2 Tensions résiduelles

Le but des mesures des tensions résiduelles est de connaître les valeurs maximales de ces tensions résiduelles pour une conception donnée et pour tous les courants et formes d'onde spécifiés. Ces valeurs sont déduites du résultat des essais de type ainsi que de la valeur spécifiée et publiée par le fabricant pour la tension résiduelle maximale sous le courant de choc de foudre utilisé lors des essais individuels.

La tension résiduelle maximale d'une conception d'EGLA donnée, quels que soient le courant et la forme d'onde, est calculée en multipliant la tension résiduelle des fractions de SVU soumises aux essais de type par un facteur d'échelle spécifique et en ajoutant une valeur calculée de la chute de tension inductive à travers le SVU, l'éclateur et les connexions. Le facteur d'échelle est égal au rapport entre la tension résiduelle maximale annoncée, telle que vérifiée pendant les essais individuels, et la tension résiduelle mesurée sur les fractions pour le même courant et la même forme d'onde.

La valeur de la tension résiduelle de l'EGLA au courant nominal de décharge et au choc de courant de grande amplitude, respectivement, multipliée par un facteur comme indiqué en 6.1.1, doit être inférieure à la tension de contournement minimale de l'ensemble isolateur à protéger.

### 6.3 Fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude

La capacité de décharge du SVU doit être démontrée par l'injection de deux chocs de courant de grande amplitude.

#### 6.4 Capacité de décharge aux chocs de foudre

La capacité des résistances à oxyde métallique à supporter des décharges de foudre ayant des formes d'onde de courant d'une durée de plusieurs dizaines de microsecondes pour des parafoudres utilisés sur des lignes protégées et de plusieurs centaines de microsecondes pour des parafoudres utilisés sur des lignes non protégées, doit être démontrée. L'essai correspondant couvre également les effets de coups de foudre multiples.

#### 6.5 Comportement du SVU aux courants de court-circuit

Le fabricant doit déclarer les caractéristiques assignées du SVU en termes de tenue en court-circuit. Ces caractéristiques assignées de courant de court-circuit ne doivent pas occasionner de rupture explosive du SVU, et l'auto-extinction d'éventuelles flammes nues doit avoir lieu dans des délais définis.

NOTE L'éclateur ne fait pas l'objet d'essais de court-circuit sur le SVU et il convient que ses performances de tenue aux courts-circuits soient vérifiées de manière séparée. Il convient que l'éclateur puisse conserver son intégrité mécanique après avoir été soumis au courant assigné de court-circuit de l'EGLA et que sa tension d'amorçage n'en soit pas diminuée.

#### 6.6 Performances mécaniques

Pour les EGLA qui doivent être montés sur des pylônes ou des poteaux de transmission, les performances mécaniques permettant de supporter les efforts de traction, de flexion et/ou les charges de vibration dus à la pression du vent, les charges anormales de vibration des conducteurs lors des travaux d'installation et la pénétration d'humidité doivent être démontrées.

Les valeurs applicables d'efforts de traction et de flexion doivent être convenues entre le fabricant et l'acheteur.

Le SVU doit pouvoir supporter les charges de vibration prévues en service.

NOTE Il convient que l'EGLA complet, y compris l'ensemble éclateur et la structure de montage, puisse au moins supporter les mêmes contraintes mécaniques.

#### 6.7 Vieillesse climatique du SVU

Le SVU doit pouvoir supporter les contraintes climatiques prévues en service. Les essais d'environnement démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposées du SVU ne sont pas affectés par les conditions climatiques. En outre, la résistance aux rayonnements ultraviolets doit être démontrée pour les SVU à enveloppe en polymère (composite et résine moulée).

NOTE Une révision de l'essai de résistance aux UV est actuellement à l'étude par le GT D1.14 du Cigré.

#### 6.8 Tension de référence du SVU

La tension de référence ( $U_{ref}$ ) du SVU doit être mesurée au courant de référence sur des fractions et des éléments quand cela est nécessaire. Cette mesure doit être effectuée à une température ambiante de  $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$  et la température réelle doit être enregistrée.

NOTE On peut considérer comme une approximation acceptable de remplacer la valeur de crête de la composante résistive du courant par la valeur instantanée du courant au moment de la crête de tension.

#### 6.9 Décharges partielles internes

Le niveau des décharges partielles internes dans le SVU, lors des essais réalisés selon 9.1 et 10.3, ne doit pas dépasser 10 pC.

## 6.10 Coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA

La coordination correcte entre, d'une part, les caractéristiques de contournement de l'ensemble isolateur, la tension d'amorçage de l'EGLA en présence de chocs de foudre normaux et sur front d'onde et, d'autre part, la tension résiduelle de l'EGLA au courant nominal de décharge ainsi que, pour les parafoudres de « Série Y », au choc de courant de grande amplitude, doit être démontrée.

Tout amorçage à la tension de choc de foudre doit avoir lieu dans l'éclateur extérieur en série de l'EGLA, sans entraîner un éventuel contournement de l'ensemble isolateur à protéger.

La valeur de

- pour la "Série X": 1,4 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge conformément au Tableau 1 et à 8.3.3;
- pour la "Série Y": 1,13 fois la tension résiduelle au choc de courant de grande amplitude, mais au moins 1,3 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge, conformément au Tableau 1 ainsi qu'à 8.3.3 et 8.3.4

doit être inférieure à  $U_{50, \text{Isolateur}}$  moins  $X$  fois l'écart type,  $(U_{50, \text{Isolateur}} - X \cdot \sigma)$ , de l'ensemble isolateur à protéger, où  $\sigma = 0,03$  et  $X$  doit être convenu entre le fabricant et l'utilisateur. Une valeur de 2,5 est recommandée pour  $X$ .

## 6.11 Coupure du courant de suite

La coupure du courant de suite par l'EGLA, dans des conditions d'humidité et de pollution, doit être démontrée par une procédure d'essai tenant compte de ces conditions de fonctionnement. L'essai de coupure du courant de suite est obligatoire, soit comme essai de type conformément à 8.8, soit comme essai de réception conformément à 10.6.

## 6.12 Compatibilité électromagnétique

Les parafoudres ne sont pas sensibles aux perturbations électromagnétiques et aucun essai d'immunité n'est donc nécessaire.

Dans des conditions normales de fonctionnement, l'EGLA ne doit pas émettre de perturbations significatives. L'EGLA complet doit faire l'objet d'un essai aux tensions perturbatrices RF réalisé comme essai de réception (voir 10.4). Le niveau maximal de perturbations RF de l'EGLA, soumis à la tension maximale permanente phase-terre du réseau ( $U_g/\sqrt{3}$ ), ne doit pas dépasser 2 500  $\mu\text{V}$ .

## 6.13 Fin de cycle

A la demande des utilisateurs, chaque fabricant doit fournir des informations suffisantes pour que tous les composants du parafoudre puissent être mis au rebut et/ou recyclés conformément aux règlements nationaux ou internationaux.

# 7 Conditions générales d'exécution des essais

## 7.1 Appareillage de mesure et précision

L'appareillage de mesure doit être conforme aux exigences de la CEI 60060-2 et de la CEI 60099-4. La précision des valeurs obtenues doit répondre aux exigences relatives aux essais.

Sauf indication contraire, tous les essais aux tensions à fréquence industrielle doivent être effectués sous une tension alternative ayant une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz et une forme d'onde pratiquement sinusoïdale.

## 7.2 Echantillons destinés aux essais

Sauf indication contraire, pour chaque entité soumise à l'essai, la séquence d'essai complète doit être effectuée sur le même échantillon d'essai. Le nombre d'échantillons est donné dans le Tableau 3. Les échantillons d'essai doivent être neufs, propres, entièrement assemblés et disposés de manière à simuler les conditions de service.

Lorsque les essais portent sur des fractions ou des éléments, les conditions suivantes doivent être remplies:

- Le rapport entre la tension assignée de l'EGLA complet et la tension assignée de la fraction ou de l'élément est appelé  $n$ .
- Le volume des éléments de résistance utilisés comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans l'EGLA complet divisé par  $n$ .
- Il convient que la tension de référence  $U_{ref}$  du SVU de la fraction d'essai soit égale à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA, divisée par  $n$ . Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est supérieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , le facteur  $n$  doit être réduit en conséquence. Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est inférieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , l'utilisation de la fraction d'essai n'est pas autorisée.

Le facteur  $n$  de l'échantillon d'essai doit être consigné dans le rapport d'essai.

## 8 Essais de type

### 8.1 Généralités

Le Tableau 3 identifie les essais de type qui doivent être réalisés sur l'EGLA complet ou sur des composants de l'EGLA.

**Tableau 3 – Essais de type (tous les essais doivent être réalisés sans l'ensemble isolateur)**

Intitulé de l'essai	Nombre d'échantillons d'essai	EGLA	Fraction d'EGLA	Élément de SVU	Fraction de SVU	Numéro d'article
Essais de tenue de l'isolation						
1.1 Essai de tenue de l'enveloppe du SVU	1			Essai		8.2.2
1.2 Essai de tenue de l'EGLA avec SVU défectueux	1	Essai				8.2.3
2. Essais de tensions résiduelles	3				Essai	8.3
3. Essai d'amorçage au choc de foudre normal <sup>a)</sup>	1	Essai				8.4
4. Essai de tenue aux chocs de courant de grande amplitude	3				Essai	8.5
5. Essai de la capacité de décharge aux chocs de foudre	3				Essai	8.6
6. Essais de court-circuit	4 ou 5			Essai		8.7
7. Essai de coupure du courant de suite <sup>b)</sup>	1	Essai <sup>c)</sup>	Essai <sup>c)</sup>			8.8
8. Essai mécanique de flexion	3 ou 6			Essai		8.9.1
9. Essai de vibrations <sup>d)</sup>	1			Essai <sup>e)</sup>		8.9.2

Intitulé de l'essai	Nombre d'échantillons d'essai	EGLA	Fraction d'EGLA	Elément de SVU	Fraction de SVU	Numéro d'article
10. Essai de vieillissement climatique	1			Essai		8.10
a) Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de réception conformément à 10.5. b) Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de réception conformément à 10.6. c) Cet essai est réalisé soit sur un EGLA complet soit sur une fraction d'EGLA; voir 8.8.2. d) Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de réception conformément à 10.7. e) L'essai de vibrations est réalisé sur un SVU complet, voir 8.9.2.1						

## 8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU et de l'EGLA avec SVU défectueux

### 8.2.1 Généralités

Ces essais démontrent la tension de tenue aux chocs de foudre de l'enveloppe du SVU, dans des conditions sèches, ainsi que la tension de tenue de l'EGLA à la tension maximale de choc de manœuvre prévue et aux surtensions à la fréquence industrielle dans le système sous la pluie, en cas de défaillance et de court-circuit du SVU.

### 8.2.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du SVU

#### 8.2.2.1 Généralités

Cet essai démontre la rigidité diélectrique de l'enveloppe extérieure du SVU vis-à-vis des tensions de chocs de foudre.

#### 8.2.2.2 Procédure d'essai

L'enveloppe du SVU doit être soumise à une tension de chocs de foudre normalisée en condition sèche conformément à la procédure A ou B de 20.1 de la CEI 60060-1.

L'essai doit être effectué sur l'enveloppe du SVU, à la contrainte spécifique de tension par unité de longueur la plus élevée. Les résistances variables à oxyde métallique doivent être retirées ou remplacées par des éléments en matière isolante.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité.

#### Tension d'essai:

- a) pour la « Série X »: 1,4 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge conformément au Tableau 1 et à 8.3.3.
- b) pour la « Série Y »: 1,13 fois la tension résiduelle au choc de courant de grande amplitude, mais au moins 1,3 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge, conformément au Tableau 1 ainsi qu'à 8.3.3 et 8.3.4.

Si la distance de formation d'arcs sur bandes sèches ou la somme des distances partielles de formation d'arcs sur bandes sèches est supérieure à la tension d'essai divisée par 500 kV/m, il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai.

**Evaluation:** Le SVU doit être déclaré avoir satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de quinze chocs.

## 8.2.3 Essais de tenue de l'isolation de l'EGLA avec SVU défectueux

### 8.2.3.1 Généralités

Il doit être effectué un essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous la pluie et un essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous la pluie, de manière à simuler un SVU défectueux. Ces essais ont pour but de démontrer qu'il n'y aura pas d'amorçage en cas de surtensions de choc de manœuvre et à fréquence industrielle si, dans le scénario le plus défavorable, le SVU est mis en court-circuit par une défaillance.

### 8.2.3.2 Essai de tension de tenue aux chocs de manœuvre sous la pluie

#### Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être la suivante:

**Echantillon d'essai:** EGLA avec SVU en court-circuit. La défaillance du SVU doit être simulée en mettant en court-circuit le SVU au moyen d'un fil métallique, l'état de l'électrode doit être spécifié par accord entre le fabricant et l'acheteur. La longueur minimale de l'éclateur extérieur en série, utilisé pour l'essai, doit être spécifiée par le fabricant.

#### Tension et conditions d'essai:

- La valeur de la tension de tenue doit être déclarée par le fabricant ou déterminée par accord entre le fabricant et l'acheteur, en tenant compte du niveau réel de la tension de tenue aux chocs de manœuvre de la ligne.
- La tension de contournement à 50 % ( $U_{50, EGLA}$ ) est mesurée par la méthode de montée et descente conformément à la CEI 60060-1, pour chaque polarité de l'EGLA, le SVU étant en court-circuit. La forme d'onde de la tension d'essai doit être 250/2500.
- Les caractéristiques de pluie doivent être conformes aux exigences de la CEI 60060-1.

**Evaluation:** La tension de tenue de l'EGLA est déterminée par l'expression suivante:

$$U_{10, EGLA} = U_{50, EGLA} (1 - 1,3 \sigma),$$

calculée à partir de la tension de contournement à 50 % mesurée et de l'écart type  $\sigma$  qui est supposé égal à 6 % ( $\sigma = 0,06$ ) pour la tension de tenue aux chocs de manœuvre. L'EGLA est considéré avoir satisfait à l'essai si sa valeur de tenue est égale ou supérieure à la valeur déclarée ou convenue.

NOTE Pour la distribution normale supposée dans le cas présent, la valeur de probabilité de 10 % résulte de la valeur de probabilité de 50 % moins 1,3 fois l'écart type.

### 8.2.3.3 Essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous la pluie

La procédure d'essai doit être la suivante:

**Echantillon d'essai:** EGLA avec SVU en court-circuit. La défaillance du SVU doit être simulée en mettant le SVU en court-circuit au moyen d'un fil métallique. La longueur minimale de l'éclateur extérieur en série et les conditions des électrodes de l'éclateur doivent être spécifiées par le fabricant ou être convenues entre le fabricant et l'utilisateur.

#### Tension et conditions d'essai:

- L'essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous la pluie doit être réalisé conformément à la CEI 60060-1, le SVU de l'EGLA étant en court-circuit.
- La tension d'essai doit être de 1,2 fois la tension assignée de l'EGLA.
- Les caractéristiques de pluie doivent être conformes aux exigences de la CEI 60060-1.

**Evaluation:** Le résultat est positif si l'échantillon d'EGLA supporte la tension d'essai pendant une minute.

### 8.3 Essais de tensions résiduelles

#### 8.3.1 Généralités

Cet essai démontre que les tensions résiduelles du SVU et de l'EGLA complet, soumis à des chocs de foudre, sont conformes aux valeurs déclarées. Tous les essais de vérification de la tension résiduelle doivent être effectués sur les trois mêmes fractions d'un SVU. Le temps entre décharges doit être suffisant pour permettre aux échantillons de revenir à une température approximativement égale à la température ambiante. La tension résiduelle de l'EGLA est calculée à partir de la tension résiduelle mesurée des fractions de SVU multipliée par un facteur d'échelle et on ajoute au résultat une valeur calculée de la chute de tension inductive à travers le SVU, l'éclateur et les connexions. La tension résiduelle du SVU est calculée à partir de la tension résiduelle mesurée des fractions de SVU multipliée par un facteur d'échelle et on ajoute au résultat une valeur calculée de la chute de tension inductive à travers le SVU.

#### 8.3.2 Procédure de correction et de calcul des tensions inductives

Dans le cas d'une forme d'onde 2/20 du courant, la procédure suivante doit être utilisée pour déterminer si une correction des effets inductifs est nécessaire. Une impulsion de courant comme décrite ci-dessus doit être appliquée à une barre conductrice de même dimension que les échantillons de résistances en essai. La valeur de crête et la forme d'onde apparaissant aux bornes de la barre conductrice doivent être enregistrées. Si la tension crête sur la barre conductrice est inférieure à 2 % de la tension crête mesurée sur les échantillons de résistances, aucune correction inductive de la tension mesurée sur les résistances n'est nécessaire. Si la tension crête sur la barre conductrice est comprise entre 2 % et 20 % de la tension crête mesurée sur les échantillons de résistances, alors la forme d'onde de la tension aux bornes de la barre conductrice doit être soustraite de la forme d'onde des tensions mesurées sur chacune des résistances, et les valeurs de crête des ondes ainsi obtenues doivent être enregistrées comme valeurs corrigées des tensions des résistances. Si la tension crête sur la barre conductrice est supérieure à 20 % de la tension crête sur les échantillons de résistances, le circuit d'essai et le circuit de mesure de la tension doivent être améliorés.

NOTE Une manière possible de réaliser des formes d'onde de courant identiques lors des mesures est de les appliquer en même temps sur l'échantillon et sur le bloc métallique en série dans le circuit d'essai. Seule leur position relative nécessite d'être inversée pour la mesure de la chute de tension sur l'échantillon ou sur le bloc métallique.

L'onde impulsionnelle de tension sur l'échantillon (corrigée si nécessaire) ayant la plus grande valeur de crête doit être utilisée pour déterminer la valeur de la tension résiduelle au choc de courant du SVU et de l'EGLA complet, respectivement, selon l'une des procédures a) ou b) suivantes:

#### Procédure a)

- 1) Multiplier l'onde impulsionnelle de tension aux bornes de l'échantillon par le facteur d'échelle (voir 6.2).
- 2) A partir de la forme d'onde du choc de courant, déterminer le taux de variation du courant ( $di/dt$ ) sur l'ensemble de l'onde et le multiplier par l'inductance pour déterminer la chute de tension inductive:

$$u(t) = L \cdot \frac{di}{dt} = L' \cdot h \cdot \frac{di}{dt}$$

où

$u(t)$  est la chute de tension inductive (en kV) en fonction du temps;

$L'$  est l'inductance par unité de longueur (en  $\mu\text{H}/\text{m}$ );  $L' = 1 \mu\text{H}/\text{m}$ ;

$h$  est la longueur de borne à borne (en m) du SVU ou de l'EGLA complet, y compris l'éclateur en série et les connexions;

$di/dt$  est le taux de variation du courant en fonction du temps (en kA/ $\mu$ s).

- 3) Ajouter les résultats de 1) et 2) en termes de forme d'onde; la valeur de crête de l'onde résultante doit être prise comme étant la tension résiduelle réelle au choc de courant du parafoudre.

#### Procédure b)

- 1) Multiplier la valeur de crête de la tension de choc aux bornes de l'échantillon par le facteur d'échelle (voir 6.2).
- 2) Déterminer la chute de tension inductive aux bornes du parafoudre, en utilisant la formule suivante:

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} = L' \cdot h \cdot \frac{I_d}{T_f}$$

où

$U_L$  est la valeur de crête de la chute de tension inductive (en kV);

$L'$  est l'inductance par unité de longueur (en  $\mu$ H/m);  $L' = 1$ ;

$h$  est la longueur de borne à borne (en m) du SVU ou de l'EGLA complet, y compris l'éclateur en série et les connexions;

$T_f$  est la durée du front du choc de courant (en  $\mu$ s);  $T_f = 2$ ;

$I_d$  est l'amplitude réelle du courant de décharge (en kA).

- 3) Ajouter les résultats de 1) et 2); la valeur résultante doit être prise comme étant la tension résiduelle réelle au choc de courant du parafoudre.

### 8.3.3 Essai de la tension résiduelle aux chocs de courant de foudre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un choc de courant de foudre avec des valeurs de crête approximativement égales à 0,5, 1 et 2 fois le courant nominal de décharge de l'EGLA. La forme d'onde du courant doit être 8/20 pour les parafoudres de « Série X » et 2/20 pour les parafoudres de « Série Y », conformément au Tableau 1.

Pour les chocs de courant, les tolérances de réglage du matériel doivent être telles que les valeurs mesurées s'inscrivent dans les limites suivantes:

- a) pour les chocs de courant de forme d'onde 2/20:
  - de 1,7  $\mu$ s à 2,3  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle du front;
  - de 18  $\mu$ s à 22  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue;
- b) pour les chocs de courant de forme d'onde 8/20:
  - de 7  $\mu$ s à 9  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle du front;
  - de 18  $\mu$ s à 22  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue.

Pour les parafoudres de « Série Y », la tension résiduelle aux chocs de foudre est déterminée selon la procédure a) ou b) de 8.3.2. Pour les parafoudres de « Série X », il n'est nullement nécessaire de tenir compte de la chute de tension inductive.

Les valeurs maximales des tensions résiduelles déterminées doivent être portées sur une courbe donnant la tension résiduelle en fonction du courant de décharge.

La valeur de

- 1,4 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge conformément au Tableau 1 pour les modèles de « Série X »,
- 1,3 fois la tension résiduelle au courant nominal de décharge conformément au Tableau 1 pour les modèles de « Série Y »,

doit être inférieure à la tension de contournement minimale de l'ensemble isolateur à protéger. Voir également 10.5.3.

NOTE Si l'essai individuel d'un SVU complet ne peut être effectué au courant nominal de décharge, il convient que des essais complémentaires soient effectués à une valeur de courant comprise entre 0,01 et 1 fois le courant nominal de décharge, pour comparaison avec le SVU complet.

### 8.3.4 Essai de la tension résiduelle aux chocs de courant de grande amplitude

Cet essai s'applique uniquement aux modèles de « Série Y ». Il doit être appliqué à chacun des trois échantillons un choc de courant de grande amplitude de forme d'onde 2/20 et d'une valeur de crête conforme au Tableau 1.

Pour les chocs de courant, les tolérances de réglage du matériel doivent être telles que les valeurs mesurées s'inscrivent dans les limites suivantes:

- de 1,7  $\mu$ s à 2,3  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle du front;
- de 18  $\mu$ s à 22  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue.

La tension résiduelle aux chocs de courant de grande amplitude est déterminée conformément à la procédure a) ou b) de 8.3.2.

La valeur de 1,13 fois la tension résiduelle aux chocs de courant de grande amplitude doit être inférieure à la tension de contournement minimale de l'ensemble isolateur à protéger. Voir également 10.5.3.

### 8.4 Essai d'amorçage au choc de foudre normal

Il s'agit d'un essai de type obligatoire uniquement s'il n'est pas effectué d'essai de réception pour chaque ensemble isolateur spécifique conformément à 10.5. Lorsqu'il est réalisé comme essai de type, l'ensemble isolateur n'est pas inclus.

Cet essai a pour objectif de déterminer la tension d'amorçage à 50 % de l'EGLA soumis à une contrainte de tension de choc de foudre.

L'échantillon d'essai est constitué d'un EGLA à la distance maximale entre éclateurs pour un système désigné donné, sans l'ensemble isolateur.

La forme d'onde doit être 1,2/50. La tension d'amorçage à 50 % ( $U_{50, EGLA}$ ) de l'EGLA doit être vérifiée conformément à la méthode de montée/descente de la CEI 60060-1.

NOTE 1 La marge de protection entre la tension d'amorçage de l'EGLA et la tension de contournement de l'ensemble isolateur à protéger, peut être évaluée par  $U_{50, EGLA}$  plus  $X$  fois l'écart type, ( $U_{50, EGLA} + X \cdot \sigma$ ) sans dépasser  $U_{50, Isolateur}$  moins  $X$  fois l'écart type, ( $U_{50, Isolateur} - X \cdot \sigma$ ) de l'ensemble isolateur à protéger, si cela est convenu entre le fabricant et l'utilisateur.  $X$  est défini par accord entre le fabricant et l'utilisateur. L'écart type ( $\sigma$ ) est établi à 3 % pour des formes d'onde 1,2/50.

NOTE 2 Une valeur de 2,5 est recommandée pour  $X$ .

NOTE 3 Au cours des essais, l'expérience a montré que la tension d'amorçage de l'EGLA peut être affectée par la proximité de l'ensemble isolateur.

## 8.5 Essai de tenue aux chocs de courant de grande amplitude

### 8.5.1 Choix des échantillons d'essai

L'essai doit être effectué sur trois fractions d'un SVU. Les fractions doivent avoir une tension résiduelle au courant nominal de décharge à l'extrémité la plus élevée de la plage de variation déclarée par le fabricant. Pour satisfaire à ces exigences, les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) Le rapport entre la tension résiduelle au courant nominal de décharge du SVU complet et la tension résiduelle au courant nominal de décharge de la fraction est défini par  $n$ . Le volume des éléments de résistance utilisés comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans le SVU complet divisé par  $n$ .
- b) Il convient que la tension de référence  $U_{ref}$  du SVU de la fraction d'essai soit égale à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA, divisée par  $n$ . Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est supérieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , le facteur  $n$  doit être réduit en conséquence. Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est inférieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , l'utilisation de la fraction d'essai n'est pas autorisée.

### 8.5.2 Procédure d'essai

Deux chocs de courant de grande amplitude de même polarité, ayant des valeurs de crête (tolérance de  $\begin{matrix} 0 \\ +10 \end{matrix}$  %) et des formes d'onde conformes au Tableau 1, doivent être appliqués aux trois fractions. L'intervalle de temps entre l'application des chocs doit permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à la température ambiante.

Les tolérances de réglage du matériel doivent être telles que les valeurs mesurées de chocs de courant s'inscrivent dans les limites suivantes:

- a) pour les chocs de courant de forme d'onde 2/20:
  - de 1,7  $\mu$ s à 2,3  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle du front;
  - de 18  $\mu$ s à 22  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue;
- b) pour les chocs de courant de forme d'onde 4/10:
  - de 3,5  $\mu$ s à 4,5  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle du front;
  - de 9  $\mu$ s à 11  $\mu$ s en ce qui concerne la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue.

### 8.5.3 Evaluation de l'essai

- a) La tension de référence mesurée avant et après l'essai ne doit pas avoir varié de plus de 10 %.
- b) Toute variation de la tension résiduelle au courant nominal de décharge, mesurée avant et après l'essai doit s'inscrire dans une plage de (- 2 % à + 5 %).
- c) L'examen visuel des échantillons après l'essai ne doit révéler aucune trace de perforation, de contournement et de fissure ou autre dommage significatif de l'échantillon d'essai. S'il est impossible de retirer les résistances à oxyde métallique des échantillons d'essai pour effectuer un examen visuel, les essais supplémentaires suivants doivent être réalisés afin de s'assurer qu'aucun dommage n'a eu lieu au cours de l'essai. Après l'essai de tension résiduelle (b), il doit être appliqué à l'échantillon d'essai deux chocs au courant nominal de décharge. Le premier doit être appliqué à l'issue d'un délai suffisant permettant à l'échantillon de refroidir jusqu'à température ambiante. Le second est appliqué entre 50 s et 60 s après le premier. Pendant l'application des deux chocs, les oscillogrammes de la tension et du courant ne doivent révéler aucun claquage et la différence de tension

résiduelle entre la mesure initiale avant l'essai et l'application du dernier des deux chocs après l'essai doit demeurer dans une plage comprise entre (- 2 % à + 5 %).

## 8.6 Essai de la capacité de décharge aux chocs de foudre

### 8.6.1 Choix des échantillons d'essai

Cet essai doit être réalisé sur trois échantillons. Ces échantillons doivent comprendre des SVU complets, des fractions de SVU ou des éléments de résistance à oxyde métallique n'ayant été soumis à aucun des essais précédents, sauf dans la mesure nécessaire aux fins d'évaluation du présent essai.

Les échantillons qui doivent être choisis pour l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre doivent avoir une tension résiduelle au courant nominal de décharge à l'extrémité la plus élevée de la plage de variation déclarée par le fabricant. De plus, dans le cas de parafoudres à plusieurs colonnes, la valeur la plus élevée d'une distribution inégale de courant doit être prise en compte. Pour satisfaire à ces exigences, les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) Le rapport entre la tension résiduelle au courant nominal de décharge du SVU complet et la tension résiduelle au courant nominal de décharge de la fraction est défini par  $n$ . Le volume des éléments de résistance utilisés comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans le SVU complet divisé par  $n$ .
- b) Il convient que la tension de référence  $U_{ref}$  du SVU de la fraction d'essai soit égale à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA, divisée par  $n$ . Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est supérieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , le facteur  $n$  doit être réduit en conséquence. Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est inférieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , l'utilisation de la fraction d'essai n'est pas autorisée.

### 8.6.2 Procédure d'essai

Avant les essais, la tension résiduelle de choc de foudre au courant nominal de décharge et la tension de référence de chaque échantillon d'essai doivent être mesurées à des fins d'évaluation.

Chaque essai de capacité de décharge aux chocs de foudre doit comprendre 18 décharges divisées en six groupes de trois opérations. Les opérations doivent se succéder à des intervalles de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les groupes doit permettre à l'échantillon de revenir approximativement à la température ambiante.

A l'issue des 18 décharges et après retour de l'échantillon au voisinage de la température ambiante, les essais de tension résiduelle et de tension de référence, qui ont été réalisés avant l'essai, doivent être répétés afin de comparer les valeurs avec celles obtenues avant l'essai; ces valeurs ne doivent pas avoir varié de plus de (- 2 % à + 5 %).

L'examen visuel des échantillons après l'essai doit révéler l'absence de toute trace de perforation, de contournement, de fissure ou d'autre détérioration importante des résistances à oxyde métallique.

Lorsque la conception empêche le retrait des résistances pour examen, un choc supplémentaire doit être appliqué après retour de l'échantillon à la température ambiante. Si l'échantillon a résisté à ce 19<sup>ème</sup> choc sans dommage (vérification par enregistrement oscillographique), l'échantillon est considéré avoir passé l'essai avec succès.

### 8.6.3 Paramètres de l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre

La valeur de crête du courant est choisie par le fabricant pour obtenir une charge particulière. La forme du choc de courant doit être approximativement sinusoïdale. Le laps de temps pendant lequel la valeur instantanée du courant de choc est supérieure à 5 % de sa valeur de crête doit être compris entre 200  $\mu$ s et 230  $\mu$ s. La valeur de crête de toute onde de courant de polarité opposée doit être inférieure à 5 % de la valeur de crête du courant. La valeur de crête du courant de chaque choc sur chaque échantillon d'essai doit être comprise entre 100 % et 110 % de la valeur de crête choisie.

### 8.6.4 Mesures au cours de l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre

La charge et le courant de crête doivent être consignés pour chaque choc ainsi que pour la durée au cours de laquelle la valeur instantanée du courant de choc est supérieure à 5 % de sa valeur de crête. Les oscillogrammes de la tension et des formes d'onde du courant normalement appliquées doivent être tracés sur la même échelle de temps.

### 8.6.5 Capacité assignée de décharge aux chocs de foudre

Les valeurs moyennes de courant de crête et de charge doivent être calculées à partir des 18 décharges.

La capacité assignée de décharge aux chocs de foudre du parafoudre est la combinaison de ce qui suit:

- a) le courant de crête moyen le plus faible pour un des 3 échantillons d'essai;
- b) une valeur de charge choisie dans la liste de 8.6.6, inférieure ou égale à la charge moyenne la plus faible pour l'un des 3 échantillons d'essai.

### 8.6.6 Liste des valeurs assignées de charge

Les valeurs suivantes, exprimées en C, sont normalisées comme valeurs assignées de charge: 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6; 4; 4,4; 4,8; 5,2; 5,6; 6; 6,4; 6,8; 7,2; 7,6; 8; 8,4; 8,8; 9,2; 9,6; 10.

## 8.7 Essais de court-circuit

### 8.7.1 Généralités

Le fabricant doit déclarer les caractéristiques assignées du SVU en termes de tenue en court-circuit. Les SVU doivent être soumis aux essais conformément au présent paragraphe. L'essai doit être réalisé de manière à montrer qu'une défaillance du SVU ne donne pas lieu à une rupture explosive de l'enveloppe du SVU et que l'auto-extinction de flammes nues (éventuelles) se produit dans un délai défini. Chaque type de SVU est soumis à l'essai avec quatre valeurs de courants de court-circuit. Si le SVU est équipé d'un autre dispositif comme substitut d'un limiteur de pression conventionnel, ce dispositif doit être inclus dans l'essai.

La fréquence de l'alimentation du courant d'essai de court-circuit doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

En ce qui concerne les performances au courant de court-circuit, il est important de distinguer deux conceptions de SVU:

- Les SVU de « conception A » sont tels qu'un canal utilisé par le gaz suit toute la longueur de l'élément de SVU et remplit  $\geq 50$  % du volume interne non occupé par les parties actives internes.
- Les SVU de « conception B » sont solides et sans volume interne de gaz ou ont un volume de gaz interne remplissant  $< 50$  % du volume interne non occupé par les parties actives internes.

NOTE 1 Généralement, les SVU de « conception A » sont des SVU à enveloppe en porcelaine ou en polymère avec un isolateur creux composite, équipés soit de limiteurs de pression soit de points faibles préfabriqués dans l'enveloppe composite qui éclatent ou s'ouvrent à une pression spécifiée, ce qui fait baisser la pression interne.

Généralement, les SVU de « conception B » ne possèdent pas de limiteur de pression et sont solides sans volume de gaz interne. Si les résistances connaissent une défaillance électrique, il se produit un arc à l'intérieur du SVU. Cet arc provoque une évaporation importante et éventuellement la combustion de l'enveloppe et/ou du matériau interne. Ces performances de tenue aux courts-circuits des SVU sont déterminées par leur capacité à contrôler l'éclatement ou le déchirement de l'enveloppe dus aux effets de l'arc, évitant ainsi une rupture explosive.

NOTE 2 Dans ce contexte, les « parties actives » sont les résistances à oxyde métallique non linéaires et les éventuelles entretoises métalliques directement connectées en série avec elles.

En fonction du type de SVU et de la tension d'essai, des exigences différentes s'appliquent concernant le nombre d'échantillons d'essai, le début du passage du courant de court-circuit et l'amplitude de la première valeur de crête du courant de court-circuit. Le Tableau 4 donne un résumé de ces exigences qui sont expliquées plus en détail dans les paragraphes suivants.

### 8.7.2 Préparation des échantillons d'essai

Pour les essais à courant de forte amplitude, les échantillons d'essai doivent être constitués par l'élément de SVU le plus long utilisé pour la conception avec la tension assignée la plus élevée de cet élément utilisé pour chaque conception de SVU différente.

Pour l'essai à courant de faible amplitude, l'échantillon d'essai doit être constitué par un élément de SVU de toute longueur avec la tension assignée la plus élevée de cet élément utilisé pour chaque conception de SVU différente.

NOTE 1 La Figure 2 illustre différents exemples d'éléments de SVU.

Lorsqu'un fil fusible est exigé, le matériau de ce fil fusible et ses dimensions doivent être choisis de façon à ce que le fil fonde dans les 30 premiers degrés électriques après le début de l'application du courant d'essai.

NOTE 2 Pour que le fil fusible fonde dans les limites de temps spécifiées et qu'il crée une condition appropriée à l'amorçage de l'arc, il est généralement recommandé d'utiliser un fil fusible avec un matériau à faible résistance (par exemple cuivre, aluminium ou argent) d'un diamètre d'environ 0,2 mm à 0,5 mm. Des sections de fil fusible plus importantes sont applicables aux éléments de SVU préparées pour des courants d'essai de court-circuit plus élevés. Lorsqu'il y a des difficultés pour amorcer l'arc, un fil fusible de dimensions plus importantes, mais d'un diamètre inférieur à 1,5 mm, peut être utilisé dans la mesure où il aidera à l'établissement de l'arc. Dans de tels cas, un fil fusible spécialement préparé, ayant une section plus importante sur la plus grande partie de la hauteur du SVU avec une courte section plus mince au milieu, peut également aider.

#### 8.7.2.1 SVU de « Conception A »

Les échantillons doivent être préparés avec des moyens pour conduire le courant de court-circuit exigé en utilisant un fil fusible. Le fil fusible doit être en contact direct avec les résistances MO et il doit être positionné à l'intérieur ou aussi près que possible du canal utilisé par le gaz et il doit court-circuiter la partie active interne complète. L'emplacement réel du fil fusible au cours de l'essai doit être consigné dans le rapport d'essai.

Il n'est pas fait de différence entre les enveloppes en polymère et celles en porcelaine dans la préparation des échantillons d'essai. Toutefois, des différences s'appliquent partiellement dans la procédure d'essai (voir 8.7.4.2). Dans ce cas, les SVU de « conception A » avec des ailettes polymères qui ne sont pas en porcelaine ou avec d'autres isolateurs creux et qui sont aussi fragiles que la céramique, doivent être considérés et soumis aux essais comme des SVU sous enveloppe de porcelaine.

#### 8.7.2.2 SVU de « Conception B »

Les SVU de « conception B » avec des ailettes polymères qui ne sont pas en porcelaine ou avec d'autres structures de support mécanique et qui sont aussi fragiles que la céramique, doivent être considérés et soumis aux essais comme des SVU sous enveloppe de porcelaine.

### 8.7.2.2.1 SVU à enveloppe en polymère

Aucune préparation spéciale n'est nécessaire. Des éléments de SVU normaux doivent être utilisés. Les éléments de SVU doivent être électriquement pré-dégradés par l'application d'une surtension à fréquence industrielle. La surtension doit être appliquée à des éléments d'essai complètement assemblés. Aucune modification physique ne doit être apportée aux éléments entre la pré-dégradation et l'essai au courant de court-circuit réel.

Il convient que la surtension donnée par le fabricant soit une tension supérieure à la tension de référence. Elle doit entraîner la défaillance du SVU en l'espace de  $(5 \pm 3)$  min. Les résistances sont considérées comme ayant subi une dégradation lorsque la tension qui les traverse tombe en dessous de 10 % de la tension appliquée au départ. Le courant de court-circuit du circuit d'essai de pré-dégradation ne doit pas être supérieur à 30 A.

Le délai entre la pré-dégradation et l'essai de court-circuit assigné ne doit pas dépasser 15 min.

NOTE La pré-dégradation peut être obtenue en appliquant soit une source de tension soit une source de courant aux échantillons:

- Méthode avec la source de tension: Il convient que le courant initial soit normalement compris entre 5 mA/cm<sup>2</sup> et 10 mA/cm<sup>2</sup>. Il convient que le courant de court-circuit soit normalement compris entre 1 A et 30 A. La source de tension n'a pas besoin d'être ajustée après son réglage initial, bien que de petits réglages puissent être nécessaires pour dégrader les résistances dans le délai imparti.
- Méthode avec la source de courant: Normalement, une densité de courant d'environ 15 mA/cm<sup>2</sup> avec une variation de  $\pm 50$  %, provoquera une défaillance des résistances dans le délai imparti. Il convient que le courant de court-circuit soit normalement compris entre 10 A et 30 A. La source de courant n'a pas besoin d'être ajustée après son réglage initial, bien que de petits réglages puissent être nécessaires pour dégrader les résistances dans le délai imparti.

### 8.7.2.2.2 SVU à enveloppe en porcelaine

Les échantillons doivent être préparés avec des moyens pour conduire le courant de court-circuit exigé en utilisant un fil fusible. Le fil fusible doit être en contact direct avec les résistances MO et il doit être situé aussi loin que possible du canal utilisé par le gaz et il doit court-circuiter la partie active interne complète. L'emplacement réel du fil fusible au cours de l'essai doit être consigné dans le rapport d'essai.

### 8.7.3 Montage de l'échantillon d'essai

Les éléments de SVU à soumettre aux essais peuvent être soit montés directement sur une embase conformément aux dispositifs illustrés dans les Figures 3a et 3b, soit suspendus conformément aux recommandations d'installation du fabricant. Le choix de l'installation d'essai est à la discrétion du fabricant. En cas de montage suspendu, l'extrémité inférieure du SVU doit être à la même hauteur que le bord supérieur de l'enveloppe circulaire.

Pour un SVU monté sur embase, le dispositif de montage est représenté aux Figures 3a et 3b. La distance entre le sol et la plate-forme isolante et les conducteurs doit être comme illustrée aux Figures 3a et 3b.

Pour les SVU qui ne sont pas montés sur embase (par exemple SVU montés sur poteau), l'échantillon d'essai doit être monté sur un poteau non métallique en utilisant des consoles de montage et des dispositifs normalement utilisés pour leur installation en service. Dans cet essai, la console de montage doit être considérée comme faisant partie de l'embase du SVU. Dans les cas où cette configuration diffère des instructions du fabricant, le SVU doit être monté conformément aux recommandations d'installation du fabricant. La totalité du conducteur entre l'embase et le capteur de courant doit être isolée à au moins 1 000 V. L'extrémité supérieure de l'échantillon d'essai doit être équipée avec l'embase du SVU du même type ou d'un capot haut.

Pour les SVU montés sur embase, la partie inférieure de l'échantillon d'essai doit être montée sur une embase d'essai de même hauteur qu'une enceinte circulaire ou carrée. L'embase d'essai doit être en matériau isolant ou peut être en matériau conducteur si ses dimensions de surface sont inférieures aux dimensions de surface de la partie inférieure du SVU. L'embase d'essai et l'enceinte doivent être placées au sommet d'une plate-forme isolante, comme décrit dans les Figures 3a et 3b. Pour les SVU non montés sur embase, les mêmes exigences s'appliquent à la partie inférieure du SVU. La distance d'arc entre l'extrémité supérieure et tout autre objet métallique (relié à la terre ou non), à l'exception de l'embase du SVU, doit être d'au moins 1,6 fois la hauteur du SVU échantillon, sans être inférieure à 0,9 m. L'enceinte doit être en matériau non métallique et elle doit être positionnée de façon symétrique par rapport à l'axe de l'échantillon d'essai. L'enceinte ne doit pas pouvoir s'ouvrir ou bouger au cours de l'essai. La hauteur de l'enceinte doit être de 40 cm ± 10 cm et son diamètre (ou son côté dans le cas d'une enceinte carrée) doit être égal à la valeur la plus élevée de 1,8 m ou  $D$  dans l'équation ci-dessous.

$$D = 1,2 \times (2 \times H + D_{SVU})$$

où

$H$  est la hauteur de l'élément de SVU en essai;

$D_{SVU}$  est le diamètre de l'élément de SVU en essai.

Les SVU à enveloppe en porcelaine doivent être montés conformément à la Figure 3a. Les SVU à enveloppe polymère doivent être montés conformément à la Figure 3b.

Les échantillons d'essai doivent être montés verticalement sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE 1 Il convient que le montage du SVU au cours de l'essai de court-circuit et, plus spécifiquement, la disposition des conducteurs représente la condition la plus défavorable en service.

La disposition présentée à la Figure 3a est la plus défavorable durant la phase initiale de l'essai, avant que la relaxation de pression ne s'opère (notamment pour un SVU muni d'un limiteur de pression). Le positionnement de l'échantillon comme indiqué à la Figure 3a, avec ses électrodes côté source d'essai, peut conduire l'arc externe à être envoyé plus près de l'enveloppe du SVU que dans d'autres cas. En conséquence, un effet de choc thermique peut causer des fissures et des bris excessifs des ailettes en porcelaine, en comparaison avec les autres orientations possibles des électrodes. Toutefois, au cours du temps d'arc restant, cette disposition force l'arc à s'éloigner du SVU et réduit ainsi le risque de voir le SVU prendre feu. La phase initiale de l'essai et la partie pendant laquelle il y a un risque de feu sont toutes deux importantes, en particulier pour les SVU dont la partie extérieure de l'enveloppe est en matériau polymère.

Pour tous les SVU à enveloppe polymère, il convient que le conducteur de terre soit dirigé dans le sens opposé du conducteur d'arrivée, comme décrit en Figure 3b. De cette manière, l'arc restera près du SVU pendant toute la durée du court-circuit, créant ainsi les conditions les plus défavorables en ce qui concerne le danger de feu.

NOTE 2 Si les limites d'espace physique du laboratoire ne permettent pas une enceinte de la taille spécifiée, le fabricant peut choisir d'utiliser une enceinte d'un diamètre inférieur.

#### 8.7.4 Essais de court-circuit à courants de forte amplitude

Trois échantillons doivent être soumis aux essais à des courants basés sur le choix d'un courant assigné de court-circuit choisi dans le Tableau 5. Les trois échantillons doivent être préparés conformément à 8.7.2 et montés conformément à 8.7.3.

Les essais doivent être effectués à l'aide d'un circuit d'essai monophasé, avec une tension d'essai à vide comprise entre 77 % et 107 % de la tension assignée de l'échantillon d'essai, comme stipulé en 8.7.4.1. Cependant, il est probable que des essais sur des SVU à haute tension devront être effectués dans des laboratoires ne disposant pas nécessairement de la puissance de court-circuit suffisante pour réaliser ces essais à 77 % ou plus de la tension assignée des échantillons d'essai. En conséquence, une procédure de rechange pour réaliser les essais de court-circuit à courants de forte amplitude avec une tension réduite est donnée

en 8.7.4.2. La durée totale mesurée du courant d'essai circulant dans le circuit doit être  $\geq 0,2$  s.

NOTE Pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine, l'expérience a montré que les essais en courant assigné ne démontrent pas nécessairement un comportement acceptable à des courants plus faibles.

#### **8.7.4.1 Essais à courant de forte amplitude à tension pleine (77 % à 107 % de la tension assignée)**

La valeur présumée du courant doit être mesurée par un essai préalable avec SVU court-circuité ou remplacé par une connexion solide d'impédance négligeable.

La durée d'un tel essai peut être limitée au minimum de temps nécessaire pour mesurer la valeur de crête et la composante symétrique de l'onde de courant présumée.

Pour les SVU de «conception A» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être d'au moins 2,5 fois la valeur efficace de la composante symétrique du courant présumé. La valeur efficace suivante de cette composante symétrique doit être égale ou supérieure au courant assigné de court-circuit. La valeur de crête du courant présumé, divisée par 2,5, doit être notée comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant présumé peut être plus élevée. En raison de ce courant présumé supérieur, le SVU échantillon peut être soumis à des contraintes plus sévères, et par conséquent, les essais à un rapport  $X/R$  inférieur à 15 ne doivent être réalisés qu'avec l'accord du fabricant.

Pour les SVU de «conception B» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être d'au moins  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace.

Pour tous les courants de court-circuit réduits, la valeur efficace doit être conforme au Tableau 5 et la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être au moins égale à  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace de ce courant.

La connexion shunt rigide doit être retirée après vérification du courant présumé et le(s) échantillon(s) de SVU doit/doivent être soumis aux essais avec les mêmes paramètres de circuit.

NOTE 1 La résistance de l'arc restreint à l'intérieur du SVU peut réduire la valeur efficace de la composante symétrique et la valeur de crête du courant mesuré. Cela ne remet pas l'essai en cause, puisqu'il a été réalisé à au moins la tension de service normale et que l'effet sur le courant d'essai est le même que celui qui se produirait lors d'une défaillance en service.

NOTE 2 Il convient que le rapport  $X/R$  de l'impédance de circuit d'essai, sans que le SVU soit connecté, soit de préférence égal à au moins 15. Lorsque le rapport  $X/R$  de l'impédance du circuit d'essai est inférieur à 15, la tension d'essai peut être augmentée ou l'impédance peut être réduite de telle façon que

- pour le courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé soit égale ou supérieure à 2,5 fois le niveau du courant d'essai exigé;
- pour les essais à niveau de courant réduit, les tolérances du Tableau 5 soient satisfaites.

#### **8.7.4.2 Essai à courants de forte amplitude sous moins de 77 % de tension assignée**

Lorsque les essais sont réalisés à une tension de circuit d'essai  $< 77$  % de la tension assignée des échantillons d'essai, les paramètres du circuit d'essai doivent être réglés de sorte que la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du SVU soit égale ou supérieure au niveau du courant d'essai requis en 8.7.4.

Pour les SVU de «conception A» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant réel d'essai du SVU doit être d'au moins 2,5 fois la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel

d'essai du SVU. La valeur efficace suivante de cette composante symétrique doit être égale ou supérieure au courant assigné de court-circuit. La valeur de crête du courant réel d'essai du SVU, divisée par 2,5, doit être notée comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du SVU peut être plus élevée.

L'exception suivante pour l'essai avec le courant assigné de court-circuit est valable pour les SVU de «conception A» à enveloppe polymère uniquement (voir 8.7.2.1 pour la définition des SVU à enveloppe en polymère et en porcelaine): si la tension assignée de l'échantillon d'essai est supérieure à 150 kV et qu'une première valeur de crête  $\geq 2,5$  fois le courant assigné de court-circuit ne peut pas être obtenue, un échantillon d'essai supplémentaire doit être soumis aux essais. Cet échantillon d'essai supplémentaire doit être soumis aux essais selon 8.7.4.1 ou 8.7.4.2. Il doit avoir une tension assignée  $\geq 150$  kV et il ne doit pas être plus court que l'élément de SVU le plus court utilisé pour la conception réelle du SVU. La valeur du courant assigné de court-circuit doit être la valeur la plus faible du courant efficace de l'essai sur l'élément le plus long et le courant efficace défini à partir des essais selon 8.7.4.1 ou 8.7.4.2 à partir de l'essai sur l'élément de tension assignée minimale de 150 kV. Les deux essais doivent être consignés.

Pour les SVU de «conception B» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant réel d'essai du SVU doit être d'au moins  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace.

Pour tous les courants de court-circuit réduits, la valeur efficace doit être conforme au Tableau 5 et la valeur de crête de la première demi-alternance du courant réel d'essai du SVU doit être au moins égale à  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace de ce courant.

NOTE 1 Pour les SVU de grande taille en particulier, qui sont soumis aux essais à un pourcentage faible de leur tension assignée, le premier courant de crête asymétrique de 2,5 n'est pas facilement obtenu sauf si des possibilités spéciales d'essai sont envisagées. Il est donc possible d'augmenter la valeur efficace de la tension d'essai ou de réduire l'impédance de telle sorte que pour le courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant d'essai soit égale ou supérieure à 2,5 fois le niveau de courant d'essai requis. Dans le cas d'un essai avec un générateur, la première valeur de crête de 2,5 fois le courant d'essai requis peut également être obtenue en faisant varier l'excitation du générateur. Il convient que le courant soit ensuite réduit, pas moins de 2,5 alternances après le début de son passage, à la valeur symétrique requise. Il convient de noter la valeur de crête réelle du courant d'essai, divisée par 2,5, comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du SVU peut être plus élevée. En raison de ce courant d'essai supérieur, le SVU échantillon peut être soumis à des contraintes plus sévères, et par conséquent, il convient que les essais à un rapport X/R inférieur à 15 ne soient réalisés qu'avec l'accord du fabricant.

NOTE 2 Pour les SVU de «conception B» à enveloppe polymère, même la première crête de courant de  $\sqrt{2}$  peut être difficile à obtenir sauf si des installations d'essai particulières sont envisagées. Les SVU pré-dégradés peuvent produire une résistance d'arc considérable, ce qui limite le courant symétrique qui traverse le SVU. C'est pourquoi il est recommandé de réaliser les essais de court-circuit aussi tôt que possible après la pré-dégradation, de préférence avant refroidissement des échantillons d'essai.

Pour les SVU pré-dégradés, il est donc recommandé de s'assurer que le SVU présente une impédance suffisamment faible avant d'appliquer le courant de court-circuit en appliquant à nouveau la pré-dégradation ou de manière analogue, le circuit pendant 2 s au maximum immédiatement avant l'application du courant de court-circuit d'essai (voir la Figure 4). Il est acceptable d'augmenter le courant de court-circuit du circuit pré-appliqué jusqu'à 300 A (valeur efficace). S'il en est ainsi, sa durée maximale, qui dépend de l'amplitude de courant, ne doit pas dépasser la valeur suivante:

$$t_{\text{rpf}} \leq Q_{\text{rpf}} / I_{\text{rpf}}$$

où

$t_{\text{rpf}}$  est le temps de re-prédégradation, en s;

$Q_{\text{rpf}}$  est la charge de re-prédégradation, en C;  $Q_{\text{rpf}} = 60$  C;

$I_{\text{rpf}}$  est la valeur efficace du courant de re-prédégradation, en A.

### 8.7.5 Essai de court-circuit à courants de faible amplitude

L'essai doit être réalisé en utilisant un circuit d'essai quelconque qui produira un courant traversant l'échantillon d'essai de  $600 \text{ A} \pm 200 \text{ A}$  (valeur efficace), mesuré environ 0,1 s après le début du flux de courant. Le courant doit circuler pendant 1 s ou, pour les SVU de «conception A» à enveloppe en porcelaine jusqu'à la relaxation.

Voir la Note 2 de 8.7.6 concernant la manipulation d'un SVU pour lequel la relaxation ne s'est pas produite.

### 8.7.6 Evaluation des résultats d'essai

L'essai est considéré comme réussi si les trois critères suivants sont satisfaits:

a) Pas de rupture explosive

NOTE 1 Une défaillance de structure de l'échantillon est admise tant que les critères b) et c) sont satisfaits.

b) Aucune partie de l'échantillon d'essai ne doit pouvoir être trouvée à l'extérieur de l'enceinte, sauf

- des fragments de céramique tels que des résistances à oxyde métallique ou de porcelaine pesant moins de 60 g chacun;
- les opercules d'évents et diaphragmes du limiteur de pression;
- les parties souples de matériaux polymères.

c) Le SVU doit être capable d'auto-éteindre ses flammes dans un délai de 2 min après l'essai. L'auto-extinction de toute partie éjectée (dans ou hors de l'enceinte) doit également avoir lieu au maximum dans les 2 min.

NOTE 2 Si le SVU n'a visiblement pas connu de relaxation à la fin de l'essai, il convient de prendre des précautions, car l'enceinte peut rester sous pression après l'essai. Cette note est applicable à tous les niveaux de courant d'essai, mais elle est plus particulièrement pertinente pour les essais de court-circuit au courant de faible amplitude.

NOTE 3 Une durée plus courte pour l'auto-extinction des flammes nues pour les parties éjectées peut faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

NOTE 4 Pour les applications d'EGLA, il peut être déterminant d'exiger une intégrité mécanique, voire une certaine résistance après défaillance. Dans ce cas, différentes procédures d'essai et méthodes d'évaluation peuvent être convenues entre le fabricant et l'utilisateur (il peut par exemple être exigé qu'après les essais, le SVU puisse encore être soulevé et retiré par sa partie supérieure).

**Tableau 4 – Exigences d'essai**

		Rapport de la première valeur de crête du courant sur la valeur efficace du courant de court-circuit exigé selon le Tableau 5								
		Tension d'essai: 77 % à 107 % de $U_f$			Tension d'essai: < 77 % de $U_f$					
	Nombre exigé d'échantillons d'essai	Début du passage du courant de court-circuit	Courant assigné de court-circuit		Courant de court-circuit de faible amplitude		Courant assigné de court-circuit		Courant de court-circuit de faible amplitude	
			Présumé: $\geq 2,5$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Réel: $\geq 2,5$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception A» Porcelaine	4	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; à l'intérieur ou aussi proche que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: $\geq 2,5$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Réel: $\geq 2,5$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception A» A enveloppe polymère	4 ou 5	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; à l'intérieur ou aussi proche que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: $\geq 2,5$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Réel: $\geq 2,5$ <u>OU:</u> Réal: $\geq \sqrt{2}$ sur l'élément le plus long et Réal: $\geq 2,5$ sur un élément avec $U_f \geq 150$ kV	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception B» A enveloppe porcelaine	4	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; aussi loin que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$			
«Conception B» A enveloppe polymère	4	Pré-dégradation par tension constante ou source de courant constant	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réal: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$			

**Tableau 5 – Courants exigés pour les essais de court-circuit**

Courant assigné de court-circuit $I_s$	Courants réduits de court-circuit $\pm 10 \%$		Faible courant de court-circuit d'une durée de 1 s <sup>a)</sup>
A	A		A
80 000	50 000	25 000	600 $\pm$ 200
63 000	25 000	12 000	600 $\pm$ 200
50 000	25 000	12 000	600 $\pm$ 200
40 000	25 000	12 000	600 $\pm$ 200
31 500	12 000	6 000	600 $\pm$ 200
20 000	12 000	6 000	600 $\pm$ 200
16 000	6 000	3 000	600 $\pm$ 200
10 000	6 000	3 000	600 $\pm$ 200
5 000	3 000	1 500	600 $\pm$ 200

NOTE 1 Si un type existant de SVU, déjà qualifié pour l'un des courants assignés du Tableau 5, est en cours de qualification pour une valeur de courant assigné supérieure indiquée dans ce tableau, il convient qu'il ne soit soumis aux essais qu'à cette nouvelle valeur assignée. Toute extrapolation ne peut être étendue qu'à deux niveaux du courant assigné de court-circuit.

NOTE 2 Si un nouveau type de SVU est à qualifier pour une valeur de courant assigné supérieure à celles données dans ce tableau, il doit être soumis aux essais à la valeur proposée pour ce courant assigné, à 50 % et à 25 % du courant assigné.

NOTE 3 Si un SVU existant est qualifié pour l'un des courants de court-circuit assignés de ce tableau, il est estimé comme satisfaisant à l'essai pour toute valeur de courant assigné inférieure à cette première valeur.

a) Pour les SVU destinés à être installés dans des systèmes résonants à neutre mis à la terre ou non, l'augmentation de la durée de l'essai au-delà de 1 s, jusqu'à 30 min, peut être autorisée après accord entre le fabricant et l'acheteur. Dans ce cas, le courant de court-circuit de faible amplitude doit être réduit à 50 A  $\pm$  20 A et l'échantillon d'essai et les critères d'acceptation doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

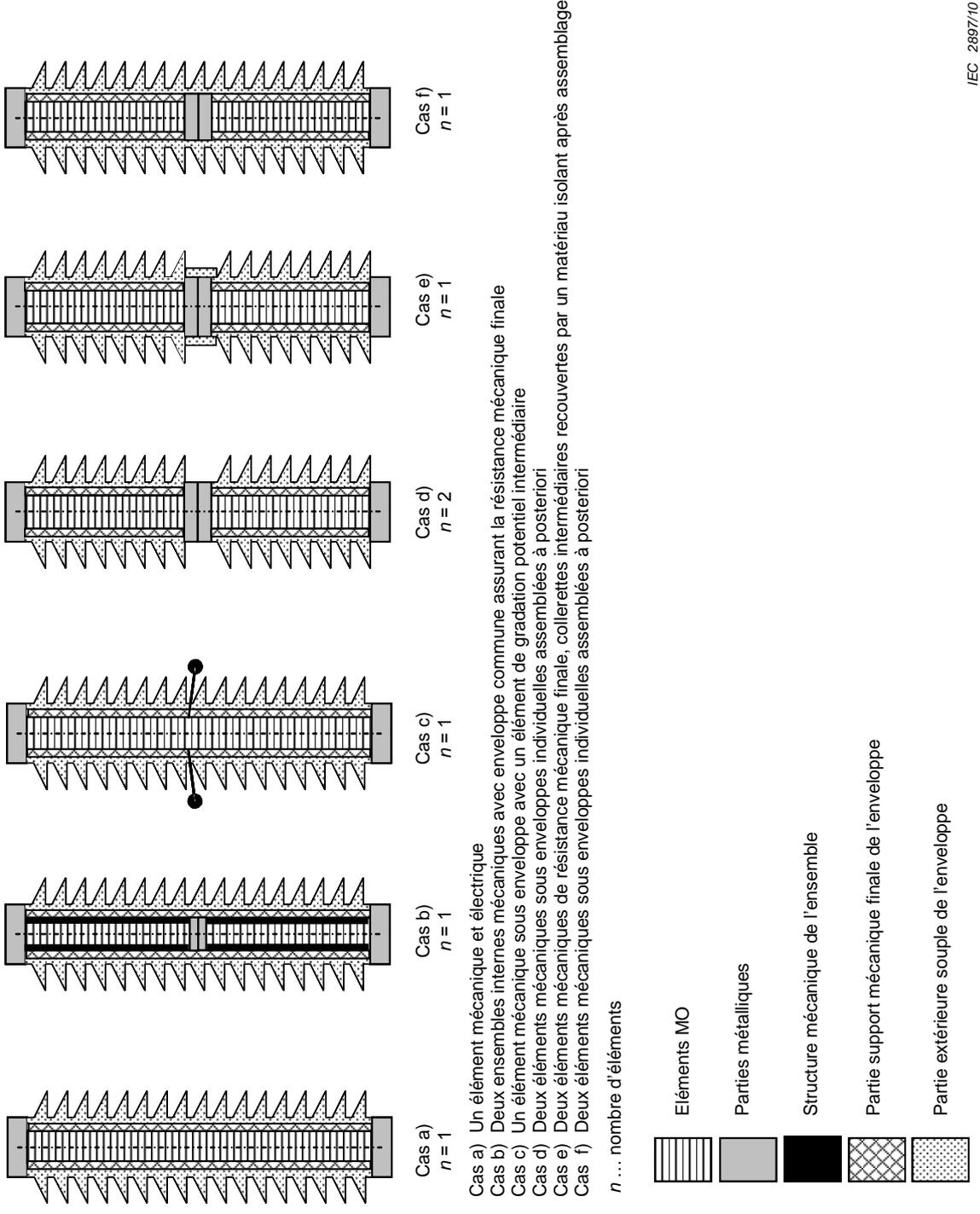
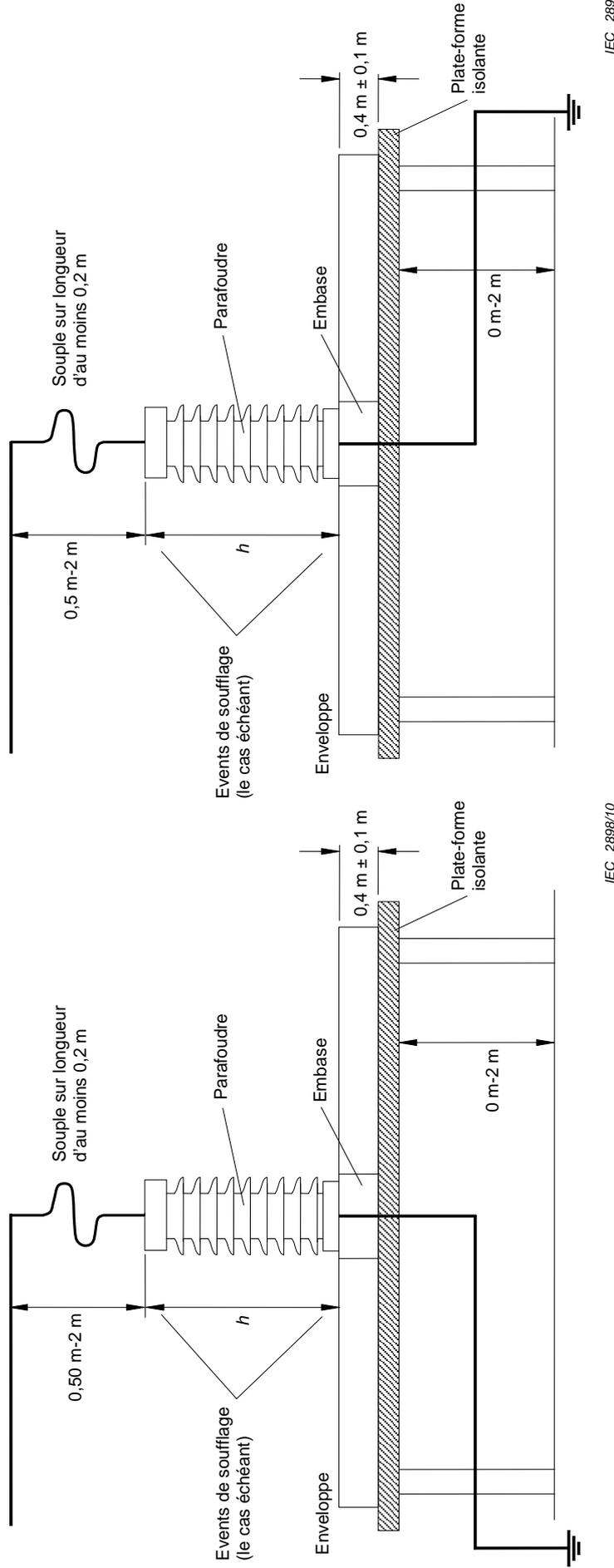


Figure 2 – Exemples d'éléments de SVU



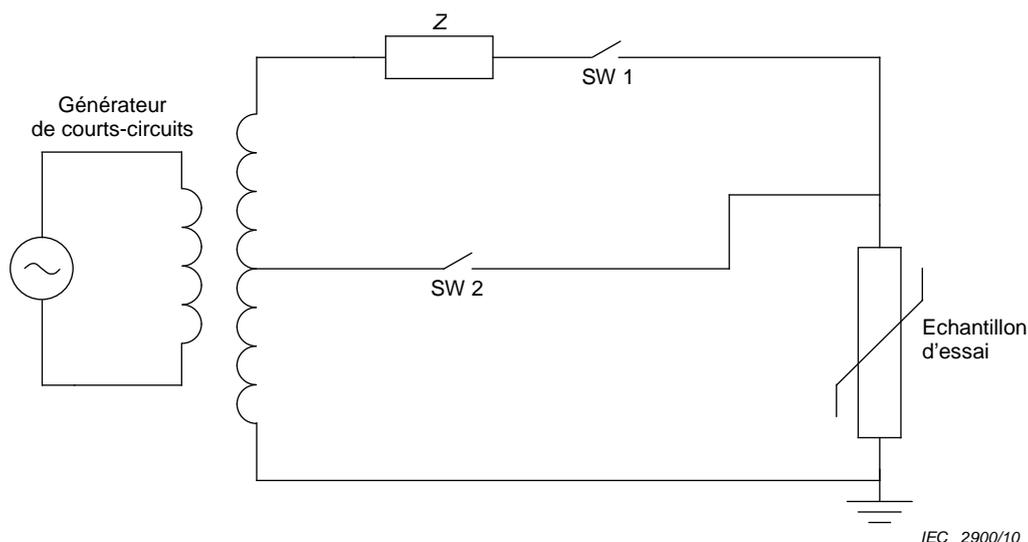
**Figure 3a – Disposition du circuit pour les SVU à  
enveloppe en porcelaine**

(toutes les connexions et les événements de soufflage sont sur le même plan)

**Figure 3b – Disposition du circuit pour les SVU à  
enveloppe polymère**

(toutes les connexions et les événements de soufflage sont sur le même plan)

**Figure 3 – Montage d'essai de court-circuit**



NOTE SW 1 est fermé et SW 2 est ouvert pour appliquer le niveau de pré-dégradation du courant (maximum de 30 A, limité par impédance  $Z$ ). Après un maximum de 2 s, SW 2 est fermé pour que le courant de court-circuit spécifié traverse l'échantillon d'essai.

**Figure 4 – Exemple de circuit d'essai pour réappliquer le circuit pré-dégradé immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit**

## 8.8 Essai de coupure du courant de suite

### 8.8.1 Généralités

Cet essai permet de vérifier la capacité de coupure du courant de suite d'un EGLA après amorçage de l'éclateur en série au choc de foudre. L'échantillon d'essai est un EGLA complet ou une fraction d'EGLA.

Cet essai permet également de vérifier les performances de l'EGLA dans des conditions de pollution en tenant compte du courant qui circulerait à la surface de l'enveloppe du SVU du fait de la présence d'une couche de pollution humide.

Cet essai peut être réalisé soit comme essai de type avec un niveau de SDD et une configuration d'EGLA choisis par le fabricant ou en variante, comme un essai de réception avec un niveau de SDD convenu entre le fabricant et l'acheteur (voir 10.6.)

L'essai de coupure du courant de suite doit être réalisé soit selon la « méthode d'essai A » (voir 8.8.2) soit selon la « méthode d'essai B » (voir 8.8.3). Si le niveau de sévérité de la pollution sur le site est "très fort" conformément à la définition de la CEI/TS 60815-1, la « méthode d'essai B » doit être appliquée. Il est également possible que le choix de la méthode d'essai soit à la discrétion du fabricant.

NOTE Avec la « méthode d'essai A », l'effet de la pollution sur le courant à la surface extérieure du SVU est modélisé par une résistance linéaire supplémentaire connectée en parallèle au SVU, et l'essai est effectué dans des conditions propres et sèches. La « méthode d'essai B » est réalisée dans des conditions de pollution artificielles.

### 8.8.2 « Méthode d'essai A »

#### 8.8.2.1 Exigences applicables au circuit d'essai

L'impédance de la source de tension à fréquence industrielle doit être telle que, pendant le passage du courant de suite, la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle, mesurée aux bornes de l'EGLA, ne tombe pas au-dessous de la valeur de crête de la tension assignée de l'échantillon d'essai; après coupure du courant de suite, la valeur de crête de la

tension ne doit pas dépasser la valeur de crête de la tension assignée de plus de 10 %. Un exemple de circuit d'essai est décrit à l'Annexe A.

### 8.8.2.2 Procédure d'essai

L'échantillon d'essai d'EGLA doit être préparé comme suit:

- La partie à résistance non linéaire à oxyde métallique doit être un SVU complet, ou une fraction de SVU, ou encore un empilement d'éléments de résistance à oxyde métallique; le facteur d'échelle  $n$  (rapport de la tension assignée de l'EGLA complet à la tension assignée de l'échantillon d'essai d'EGLA) ne doit pas être supérieur à trois. Si la tension assignée de l'EGLA complet est supérieure à 12 kV, la tension assignée de l'échantillon d'essai ne doit pas être inférieure à 12 kV.
- Le volume des éléments de résistance utilisés comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans le SVU complet divisé par  $n$ .
- Il convient que la tension de référence  $U_{ref}$  du SVU de la fraction d'essai soit égale à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA, divisée par  $n$ . Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est supérieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , le facteur  $n$  doit être réduit en conséquence. Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est inférieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , l'utilisation de la fraction d'essai n'est pas autorisée.
- Une résistance linéaire doit être connectée en parallèle au SVU afin de fournir un courant de suite suffisamment élevé.
- L'éclateur extérieur en série doit être constitué des mêmes électrodes que celles de l'EGLA. Sa longueur ne doit pas être supérieure à la longueur d'éclateur minimale spécifiée par le fabricant. Il n'est pas nécessaire de mettre à l'échelle l'éclateur.

L'essai doit être réalisé comme suit:

Une tension à fréquence industrielle égale à la tension assignée de l'EGLA ou de la fraction d'EGLA doit être appliquée à l'échantillon d'essai.

Le courant de suite circulant à travers l'éclateur extérieur en série pendant l'essai résultera de la somme des deux composantes suivantes:

- le courant de fuite sur la surface polluée du SVU, simulé par une résistance linéaire connectée en parallèle au SVU;
- le courant résistif interne circulant à travers les blocs de résistances non linéaires à oxyde métallique quand ils sont soumis à la tension assignée.

Les valeurs de résistance électrique de la résistance linéaire nécessaire pour simuler le courant de fuite sur la surface polluée du SVU, doivent être calculées comme étant  $R = F/K$ ,  $F$  étant le facteur de forme (conformément à la CEI 60507) de l'enveloppe du SVU et  $K$  étant la conductivité de la couche.

La conductivité de la couche  $K$  doit être prise dans le Tableau 3 de la CEI 60507 à la ligne correspondant au SDD choisi. La tolérance admissible pour la résistance doit être de  $\begin{matrix} 0 \\ -20 \end{matrix}$  % de la valeur calculée.

NOTE 1 Dans le cas d'un EGLA, la couche de pollution sur le SVU n'est pas soumise à une tension jusqu'à ce que l'amorçage ait lieu. Dans le scénario le plus défavorable, la couche de pollution sera totalement mouillée dans des conditions de pluie et demeurera ainsi car le séchage résultant des courants de fuite à la surface n'a pas lieu. Puisqu'il n'y a pas de formation d'arcs sur bandes sèches, la couche de pollution peut être supposée être une résistance linéaire.

NOTE 2 Le niveau de courant dans cette méthode est supérieur au niveau dans des conditions de service car le calcul ne tient pas compte de la chute de tension à travers l'éclateur extérieur en série de l'EGLA.

Des chocs de foudre doivent alors être appliqués à l'EGLA afin de provoquer l'amorçage et engendrer un canal conducteur à travers l'éclateur extérieur en série. Le générateur de choc doit être réglé de manière à obtenir un amorçage systématique de l'éclateur.

### **8.8.2.3 Séquence d'essai**

Les chocs de foudre, de polarité identique ou opposée à celle de la demi-période réelle de la tension alternative, doivent être appliqués ( $30^\circ$  à  $0^\circ$ ) avant le moment de la crête de tension.

Un premier essai doit être effectué à une longueur de l'éclateur suffisamment faible pour démontrer que la source de puissance est en mesure de fournir et de maintenir le courant de suite spécifié.

La résistance linéaire parallèle doit être réglée de sorte que le courant de suite total, au cours des essais, soit au moins égal à la valeur estimée.

La longueur de l'éclateur doit ensuite être réglée à la valeur minimale spécifiée. Par la suite, il doit être effectué cinq opérations d'amorçage, à chaque polarité de la demi-période réelle de la tension alternative. Si le courant de suite n'est pas établi, d'autres opérations d'amorçage doivent être réalisées jusqu'à ce que le courant de suite soit établi cinq fois pour chaque polarité.

Il doit être effectué des enregistrements (oscillogrammes) continus de la tension à fréquence industrielle et du courant de suite correspondant à chaque décharge. Ces oscillogrammes doivent indiquer la tension aux bornes de l'échantillon d'essai et le courant qui le traverse pendant la période depuis un cycle complet avant application du choc de tension jusqu'à dix cycles complets après coupure finale du courant de suite. La coupure finale du courant de suite doit se produire pendant la demi-période au cours de laquelle le choc est appliqué. Il ne doit pas se produire d'autre amorçage de l'échantillon pendant une quelconque demi-période ultérieure.

### **8.8.2.4 Evaluation de l'essai**

L'échantillon est considéré avoir réussi l'essai si, pour les dix amorçages, la coupure du courant de suite a lieu au cours de la première demi-période de tension à fréquence industrielle et s'il n'y a pas d'autre amorçage pendant une quelconque demi-période ultérieure.

## **8.8.3 "Méthode d'essai B"**

### **8.8.3.1 Exigences applicables au circuit d'essai**

L'impédance de la source de tension à fréquence industrielle doit être telle que, pendant le passage du courant de suite, la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle, mesurée aux bornes de l'EGLA, ne tombe pas au-dessous de la valeur de crête de la tension assignée de l'échantillon d'essai; après coupure du courant de suite, la valeur de crête de la tension ne doit pas dépasser la valeur de crête de la tension assignée de plus de 10 %. Un exemple de circuit d'essai est décrit à l'Annexe A.

### **8.8.3.2 Procédure et séquence d'essai**

L'échantillon d'essai d'EGLA doit être préparé comme suit:

- a) Une fraction d'EGLA ou un EGLA complet doit être préparé comme échantillon d'essai.
- b) La partie à résistance non linéaire à oxyde métallique doit être un SVU complet ou une fraction de SVU; le facteur d'échelle  $n$  (rapport de la tension assignée de l'EGLA complet à la tension assignée de l'échantillon d'essai d'EGLA) ne doit pas être supérieur à cinq. Si

la tension assignée de l'EGLA complet est supérieure à 12 kV, la tension assignée de l'échantillon d'essai ne doit pas être inférieure à 12 kV.

- c) Le volume des éléments de résistance ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans le SVU complet divisé par  $n$ .
- d) Il convient que la tension de référence  $U_{ref}$  du SVU de la fraction d'essai soit égale à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA, divisée par  $n$ . Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est supérieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , le facteur  $n$  doit être réduit en conséquence. Si la tension de référence du SVU de la fraction d'essai est inférieure à la tension minimale de référence du SVU de l'EGLA complet, divisée par  $n$ , l'utilisation de la fraction d'essai n'est pas autorisée.
- e) L'éclateur extérieur en série doit être constitué des mêmes électrodes que celles de l'EGLA. Sa longueur ne doit pas être supérieure à la longueur d'éclateur minimale spécifiée par le fabricant. Il n'est pas nécessaire de mettre à l'échelle l'éclateur.

La solution contaminante doit être préparée conformément à la méthode de la couche solide décrite dans la CEI 60507 ou toute autre méthode équivalente permettant de déterminer la résistivité du mélange polluant à partir de la valeur SDD (Densité du dépôt de sel) spécifiée.

L'essai doit être réalisé comme suit:

L'enveloppe du SVU doit être propre, sèche et à température ambiante. Il peut être nécessaire de la nettoyer au moyen d'un produit détergent afin de retirer les pellicules d'huile, dans ce cas, il convient de bien rincer le détergent à l'eau.

L'hydrophobicité de surface du SVU doit être complètement éliminée afin de simuler les courants de fuite de surface prévus dans le cas le plus défavorable dans les conditions de pollution spécifiées.

Le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le système d'isolation du SVU complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. Le revêtement polluant peut être appliqué par pulvérisation, immersion ou circulation.

NOTE 1 Il est suggéré d'utiliser la procédure suivante pour éliminer temporairement l'hydrophobicité d'une surface d'enveloppe en polymère (notamment le caoutchouc silicone) aux fins des essais, sans endommager la surface ou ajouter un quelconque produit chimique au polluant:

- a) Préparer la solution contaminante en mélangeant environ 1 kg de Tonoko ou de kAolin dans un 1 l d'eau.
- b) Pulvériser la solution contaminante aussi uniformément que possible sur la surface hydrophobe de l'enveloppe.
- c) Sécher la surface polluée dans des conditions ambiantes naturelles.
- d) Laver grossièrement le dépôt de Tonoko ou de kAolin en faisant couler de l'eau de robinet par exemple. Après cette opération, une certaine quantité de Tonoko ou de kAolin restera sur la surface, empêchant ainsi de manière temporaire la récupération de l'hydrophobicité.

NOTE 2 Avant l'essai, il convient de vérifier la densité de dépôt de sel selon la procédure ci-dessus, sur le même type de surface d'enveloppe en polymère.

NOTE 3 Une fois l'hydrophobicité neutralisée par la procédure indiquée dans la NOTE 1 ci-dessus, les essais sur les échantillons d'essai doivent être terminés en une journée afin d'éviter un rétablissement de l'hydrophobicité.

Dans les 3 min à 3,5 min qui suivent l'application du polluant sur l'échantillon d'essai, ce dernier doit être exposé à sa tension assignée pendant une durée suffisamment longue pour déclencher l'amorçage.

Les chocs de foudre, de polarité identique ou opposée à celle de la demi-période réelle de la tension alternative, doivent être appliqués (30° à 0°) avant le moment de la crête de tension.

Un premier essai doit être effectué à une longueur de l'éclateur suffisamment faible pour démontrer que la source de puissance est en mesure de fournir et de maintenir le courant de suite spécifié.

La longueur de l'éclateur doit ensuite être réglée à la valeur minimale spécifiée. Par la suite, il doit être effectué cinq opérations d'amorçage, à chaque polarité de la demi-période réelle de la tension alternative. Si le courant de suite n'est pas établi, d'autres opérations d'amorçage doivent être réalisées jusqu'à ce que le courant de suite soit établi cinq fois pour chaque polarité.

La couche de pollution doit être renouvelée après chaque opération d'amorçage.

Il doit être effectué des enregistrements (oscillogrammes) continus de la tension à fréquence industrielle et du courant de suite correspondant à chaque décharge. Ces oscillogrammes doivent indiquer la tension aux bornes de l'échantillon d'essai et le courant qui le traverse pendant la période depuis un cycle complet avant application du choc de tension jusqu'à dix cycles complets après coupure finale du courant de suite. La coupure finale du courant de suite doit se produire pendant la demi-période au cours de laquelle le choc est appliqué. Il ne doit pas se produire d'autre amorçage de l'échantillon pendant une quelconque demi-période ultérieure.

NOTE Pour cet essai, il n'est pas nécessaire de préciser l'intervalle de temps entre amorçages.

### 8.8.3.3 Evaluation de l'essai

Le résultat de l'essai est positif si

- a) aucun contournement n'a eu lieu sur la surface du SVU;
- b) pour les dix amorçages, la coupure du courant de suite a lieu au cours de la demi-période de tension à fréquence industrielle pendant laquelle l'amorçage a lieu et s'il n'y a pas d'autre amorçage pendant une quelconque demi-période ultérieure.

## 8.9 Essais d'efforts mécaniques du SVU

Ces essais démontrent que le SVU peut soutenir les valeurs de résistance mécanique (SLL et SSL) ainsi que les efforts de vibration spécifiés par le fabricant.

### 8.9.1 Essai de flexion

Cet essai démontre que le SVU peut soutenir les valeurs de résistance mécanique (SLL et SSL) spécifiées par le fabricant. L'essai doit être effectué sur trois ou six échantillons de SVU ou d'éléments de SVU. L'ensemble de la procédure d'essai est présenté sur l'organigramme à l'Article B.5.

#### 8.9.1.1 Procédure d'essai pour des SVU à enveloppe en porcelaine ou en résine moulée

##### 8.9.1.1.1 Généralités

Le présent essai s'applique à des SVU d'EGLA à enveloppe en porcelaine et en résine moulée, pour des valeurs de  $U_m > 52$  kV. Il s'applique également à des SVU d'EGLA à enveloppe en porcelaine et en résine moulée ayant des valeurs de  $U_m \leq 52$  kV dont le fabricant revendique une résistance à la flexion.

L'essai démontre la capacité du SVU à résister aux valeurs déclarées par le fabricant pour les efforts de flexion. Normalement, un SVU n'est pas conçu pour supporter un effort de torsion. Si un SVU est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être nécessaire après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

L'essai doit être effectué sur des éléments de SVU complets sans suppression interne. Pour les modèles de SVU à élément unique, l'essai doit être effectué sur l'élément le plus long du modèle. Si un SVU comporte plusieurs éléments ou s'il supporte différents moments de flexion spécifiés à chaque extrémité, l'essai doit être effectué sur l'élément le plus long de chacun des différents moments de flexion spécifiés, à des efforts déterminés conformément à l'Article B.1.

L'essai doit comprendre deux étapes, réalisées dans n'importe quel ordre:

- un essai en moment de flexion permettant de déterminer la valeur de l'effort moyen à la rupture (MBL);
- un essai en moment de flexion statique en utilisant une charge d'essai égale à l'effort à court terme spécifié (SSL), c'est-à-dire 100 % de la valeur donnée à l'Article B.2.

#### **8.9.1.1.2 Préparation des échantillons**

Une extrémité de l'échantillon doit être solidement fixée à une surface de montage rigide de l'appareillage d'essai et une charge doit être appliquée à l'autre extrémité (libre) de l'échantillon, de manière à produire le moment de flexion requis à l'extrémité fixe. La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du SVU et lui être perpendiculaire. Si le SVU n'est pas axisymétrique par rapport à sa résistance de flexion, le fabricant doit fournir des informations concernant cette résistance asymétrique et la charge doit être appliquée dans une direction angulaire qui soumet la partie la plus faible du SVU à la valeur maximale du moment de flexion.

#### **8.9.1.1.3 Procédure d'essai**

##### **8.9.1.1.3.1 Procédure d'essai de détermination de la valeur de l'effort moyen à la rupture (MBL)**

Trois échantillons doivent être soumis aux essais. Si l'essai de vérification du SSL (voir 8.9.1.1.3.2) est réalisé en premier, les échantillons de cet essai peuvent être utilisés pour la détermination du MBL. Il n'est pas nécessaire que les échantillons d'essai contiennent leurs éléments internes. Pour chaque échantillon d'essai, l'effort de flexion doit être augmenté progressivement jusqu'à ce qu'il y ait rupture dans les 30 s à 90 s. "Rupture" signifie une fracture de l'enveloppe ainsi que les dommages que peuvent subir les dispositifs de fixation ou les embouts d'extrémité.

L'effort moyen à la rupture, MBL, est calculé comme étant la valeur moyenne des efforts à la rupture des échantillons d'essai.

NOTE Il convient d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un SVU peut éclater sous la charge appliquée.

##### **8.9.1.1.3.2 Procédure d'essai de vérification de l'effort à court terme spécifié (SSL)**

Trois échantillons doivent être soumis aux essais. Les échantillons d'essai doivent contenir leurs éléments internes. Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis à une mesure du taux de fuite (voir point c) de 9.1) et à un essai de décharges partielles internes (voir point b) de 9.1). Si ces essais ont déjà été réalisés comme essais individuels, il n'est pas nécessaire de les recommencer à cette étape.

Pour chaque échantillon, l'effort de flexion doit être augmenté progressivement jusqu'à la valeur SSL, tolérance comprise  $^{+5}_0$ % sur une période de 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. La déformation doit être mesurée au cours de cette période. Puis l'effort doit être progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée. La déformation résiduelle doit être mesurée au cours de la période de 1 min à 10 min qui suit le relâchement de l'effort.

NOTE 1 Il convient d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un SVU peut se casser et éclater lors de sa mise sous la charge appliquée.

NOTE 2 Il faut qu'un accord soit trouvé avec le fabricant s'il est nécessaire pour quelque raison que ce soit d'appliquer une charge qui est de plus de 5 % supérieure au SSL.

#### 8.9.1.1.4 Evaluation de l'essai

Le résultat de l'essai du SVU est positif si

- la valeur de l'effort moyen à la rupture, MBL, est  $\geq 1,2 \times \text{SSL}$ ;
- pour l'essai de l'effort à court terme spécifié (SSL)
  - il n'y a aucun dommage mécanique visible;
  - la déformation permanente résiduelle est  $\leq 3 \text{ mm}$  ou  $\leq 10 \%$  (selon que l'une ou l'autre valeur est la plus grande) de la déformation maximale au cours de l'essai;
  - les résultats des mesures du taux de fuite des échantillons d'essai sont conformes à 9.1 c);
  - le niveau de décharges partielles internes des échantillons d'essai ne dépasse pas la valeur spécifiée en 9.1 b).

#### 8.9.1.2 Procédure d'essai pour des SVU à enveloppe en polymère (à l'exception de la résine moulée)

##### 8.9.1.2.1 Généralités

Cet essai s'applique aux SVU (avec et sans volume interne de gaz) à enveloppe en polymère (à l'exception de la résine moulée) d'EGLA pour une valeur de  $U_m > 52 \text{ kV}$ . Il s'applique également à des SVU à enveloppe en polymère (à l'exception de la résine moulée) d'EGLA pour une valeur de  $U_m \leq 52 \text{ kV}$  dont le fabricant revendique une résistance à la flexion.

Les SVU à enveloppe en résine moulée doivent être soumis aux essais conformément au 8.9.1.1. Les SVU qui n'ont pas de résistance à la flexion déclarée doivent être soumis au pré-conditionnement en torsion selon 8.9.1.2.3.1 a), au pré-conditionnement thermique selon 8.9.1.2.3.1 c) et à l'essai d'immersion dans l'eau selon 8.9.1.2.3.2.

L'essai démontre la capacité du SVU à résister aux valeurs déclarées par le fabricant pour les efforts de flexion. Normalement, un SVU n'est pas conçu pour supporter un effort de torsion. Si un SVU est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être nécessaire après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

L'essai doit être effectué sur des éléments de SVU complets ayant la tension assignée la plus élevée. Pour les modèles de SVU à un seul élément, l'essai doit être réalisé sur l'élément le plus long à la tension assignée la plus élevée de cet élément du modèle. Si un SVU comporte plusieurs éléments ou s'il supporte différents moments de flexion spécifiés à chaque extrémité, l'essai doit être effectué sur l'élément le plus long de chacun des différents moments de flexion spécifiés, à des efforts déterminés conformément à l'Article B.1. Cependant, si la longueur de l'élément le plus long est supérieure à 800 mm, un élément plus court peut être utilisé, à condition de satisfaire aux exigences suivantes:

- la longueur est au moins égale à la valeur la plus grande de:
  - 800 mm
  - trois fois le diamètre extérieur de l'enveloppe (à l'exclusion des ailettes) à l'endroit où il pénètre les embouts d'extrémité;
- l'élément fait partie de la combinaison normale d'éléments utilisée dans la conception et n'est pas spécialement conçu pour l'essai;
- l'élément a la tension assignée la plus élevée de cet élément du modèle.

Un essai en trois étapes (deux étapes pour les SVU d'EGLA de valeur  $U_m \leq 52$  kV) doit être effectué en séquence sur trois échantillons, comme décrit ci-après:

- sur l'ensemble des trois échantillons, un essai cyclique comportant 1 000 cycles et dont la charge d'essai est égale à l'effort à long terme spécifié (SLL);
- sur deux des échantillons, un essai à un moment de flexion statique dont la charge d'essai est égale à l'effort à court terme spécifié (SSL), c'est-à-dire 100 % de la valeur donnée à l'Article B.2 et sur le 3<sup>ème</sup> échantillon, un essai de pré-conditionnement mécanique conformément à 8.9.1.2.3.1;
- sur l'ensemble des trois échantillons, un essai d'immersion dans l'eau conformément à 8.9.1.2.3.2.

La tolérance sur les efforts spécifiés doit être  ${}^{+5}_0$  %.

NOTE 1 L'essai cyclique n'est pas exigé pour des SVU d'EGLA dont la valeur  $U_m \leq 52$  kV.

NOTE 2 Il convient de trouver un accord avec le fabricant pour tout dépassement de l'effort de +5 %.

### 8.9.1.2.2 Préparation des échantillons

Les échantillons d'essai doivent contenir leurs éléments internes.

Avant l'essai, chaque échantillon doit être soumis aux essais suivants:

- des essais électriques réalisés dans l'ordre suivant:
  - puissance absorbée mesurée à 0,7 fois  $U_{ref}$  et à une température ambiante de  $20 \text{ °C} \pm 15 \text{ K}$ ;
  - essai de décharges partielles internes conformément à 9.1 b);
  - essai de tension résiduelle à (0,01 à 1) fois le courant nominal de décharge; la forme d'onde du courant doit être dans la gamme de  $T_1/T_2 = (4 \text{ à } 10)/(10 \text{ à } 25) \text{ } \mu\text{s}$ ;
- mesures du taux de fuite conformément à 9.1 c) pour les SVU à volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé.

Si l'essai de décharge partielle, conformément à 9.1 b) et les mesures du taux de fuite conformément à 9.1 c) ont été effectués en tant qu'essais individuels, il n'est pas nécessaire de les recommencer à cette étape.

Une extrémité de l'échantillon doit être solidement fixée à une surface de montage rigide de l'appareillage d'essai et une charge doit être appliquée à l'autre extrémité (libre) de l'échantillon, de manière à produire le moment de flexion requis à l'extrémité fixe. La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du SVU et lui être perpendiculaire. Si le SVU n'est pas axisymétrique par rapport à sa résistance de flexion, le fabricant doit fournir des informations concernant cette résistance asymétrique et la charge doit être appliquée dans une direction angulaire qui soumet la partie la plus faible du SVU à la valeur maximale du moment de flexion.

### 8.9.1.2.3 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé sur trois échantillons. Pour des SVU d'EGLA dont la valeur  $U_m > 52$  kV, l'essai est réalisé en trois étapes. Pour des SVU d'EGLA dont la valeur  $U_m \leq 52$  kV, l'essai est réalisé en deux étapes.

#### a) SVU d'EGLA de valeur $U_m > 52$ kV

Etape 1:

Soumettre l'ensemble des trois échantillons à 1 000 cycles de moments de flexion, chaque cycle étant constitué d'une mise en charge de zéro à l'effort à long terme spécifié (SLL) dans une direction, suivie par une mise en charge jusqu'au SLL dans la direction opposée, puis un

retour à un effort nul. Le mouvement cyclique doit être de forme approximativement sinusoïdale et avoir une plage de fréquences de 0,01 Hz – 0,5 Hz.

NOTE Du fait de la commande de la machine d'essai, un certain nombre de cycles peut être nécessaire avant d'obtenir le SLL. Il convient de se mettre d'accord avec le fabricant quant au nombre maximal de ces cycles. Il convient de ne pas les inclure dans les 1 000 cycles prescrits pour l'essai.

La déformation maximale au cours de l'essai ainsi que toute déformation résiduelle doivent être relevées. La déformation résiduelle doit être mesurée au cours de la période de 1 min à 10 min qui suit le relâchement de l'effort.

Etape 2.1:

Soumettre deux des échantillons de l'étape 1 à un essai en moment de flexion. L'effort de flexion doit être augmenté progressivement jusqu'à atteindre l'effort à court terme spécifié (SSL) sur une période de 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. La déformation doit être mesurée au cours de cette période. L'effort doit ensuite être relâché progressivement.

La déformation maximale au cours de l'essai ainsi que la déformation résiduelle doivent être relevées. La déformation résiduelle doit être mesurée au cours de la période de 1 min à 10 min qui suit le relâchement de l'effort.

Etape 2.2:

Soumettre le troisième échantillon de l'étape 1 au pré-conditionnement mécanique/thermique conformément à 8.9.1.2.3.1.

Etape 3:

Soumettre les trois échantillons à l'essai d'immersion dans l'eau conformément à 8.9.1.2.3.2.

#### **b) SVU d'EGLA de valeur $U_m \leq 52$ kV**

Etape 1.1:

Soumettre deux échantillons à un essai en moment de flexion. L'effort de flexion doit être augmenté progressivement jusqu'à atteindre l'effort à court terme spécifié (SSL) sur une période de 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. La déformation doit être mesurée au cours de cette période. L'effort doit ensuite être relâché progressivement.

La déformation maximale au cours de l'essai ainsi que toute déformation résiduelle doivent être relevées. La déformation résiduelle doit être mesurée au cours de la période de 1 min à 10 min qui suit le relâchement de l'effort.

Etape 1.2:

Soumettre un troisième échantillon au pré-conditionnement mécanique/thermique conformément à 8.9.1.2.3.1.

Etape 2:

Soumettre les trois échantillons à l'essai d'immersion dans l'eau conformément à 8.9.1.2.3.2.

#### **8.9.1.2.3.1 Pré-conditionnement mécanique/thermique**

Ce pré-conditionnement fait partie de la procédure d'essai de 8.9.1.2.3 et doit être effectué sur l'un des échantillons d'essai comme défini en 8.9.1.2.3.

#### **a) Pré-conditionnement en torsion**

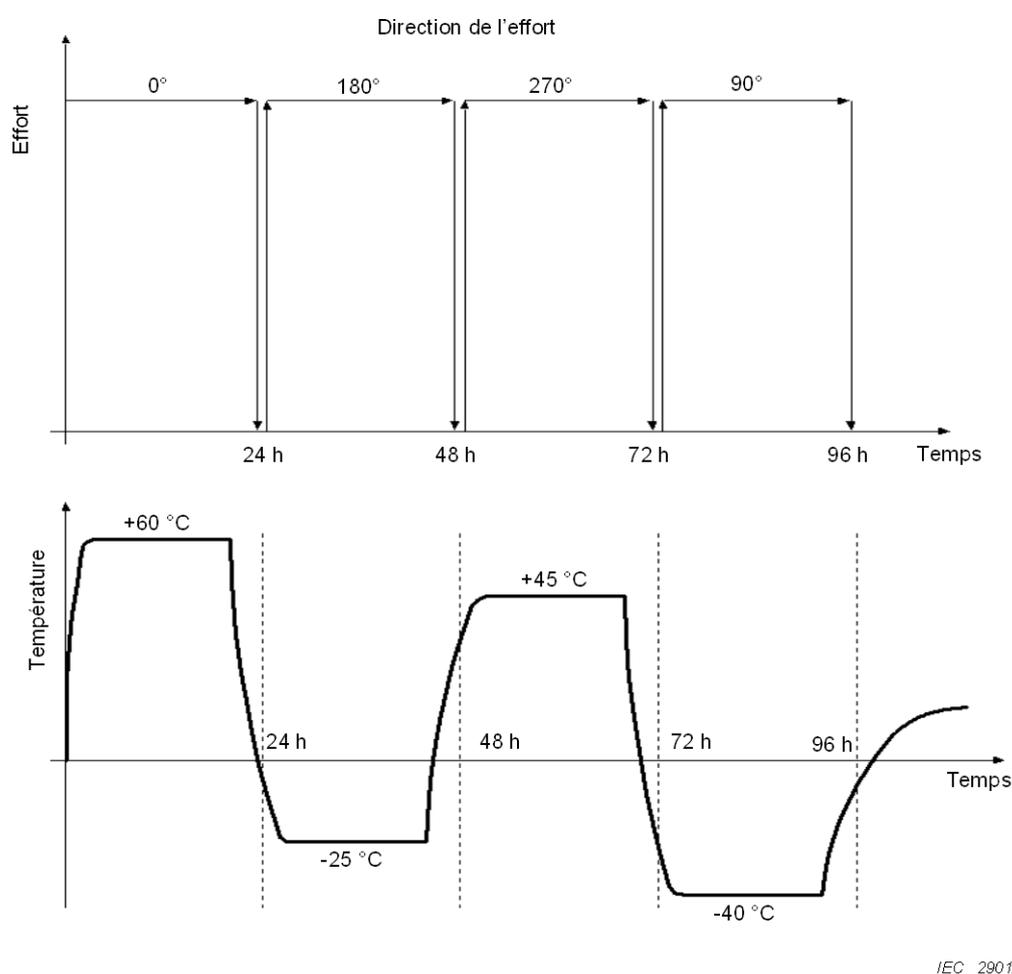
Le couple de torsion du SVU, spécifié par le fabricant, doit être appliqué à l'échantillon d'essai pendant une durée de 30 s.

### b) Pré-conditionnement mécanique/thermique

Cette partie de l'essai s'applique uniquement aux SVU pour lesquels une résistance à la flexion est déclarée.

L'échantillon est soumis à l'effort à long terme spécifié (SLL) dans quatre directions et aux variations de température comme décrit dans les Figures 5 et 6.

NOTE Si, dans des applications particulières, d'autres efforts sont essentiels, il convient que les efforts correspondants soient appliqués en lieu et place des précédents. Il convient que la durée totale d'essai et le cycle de température restent inchangés.

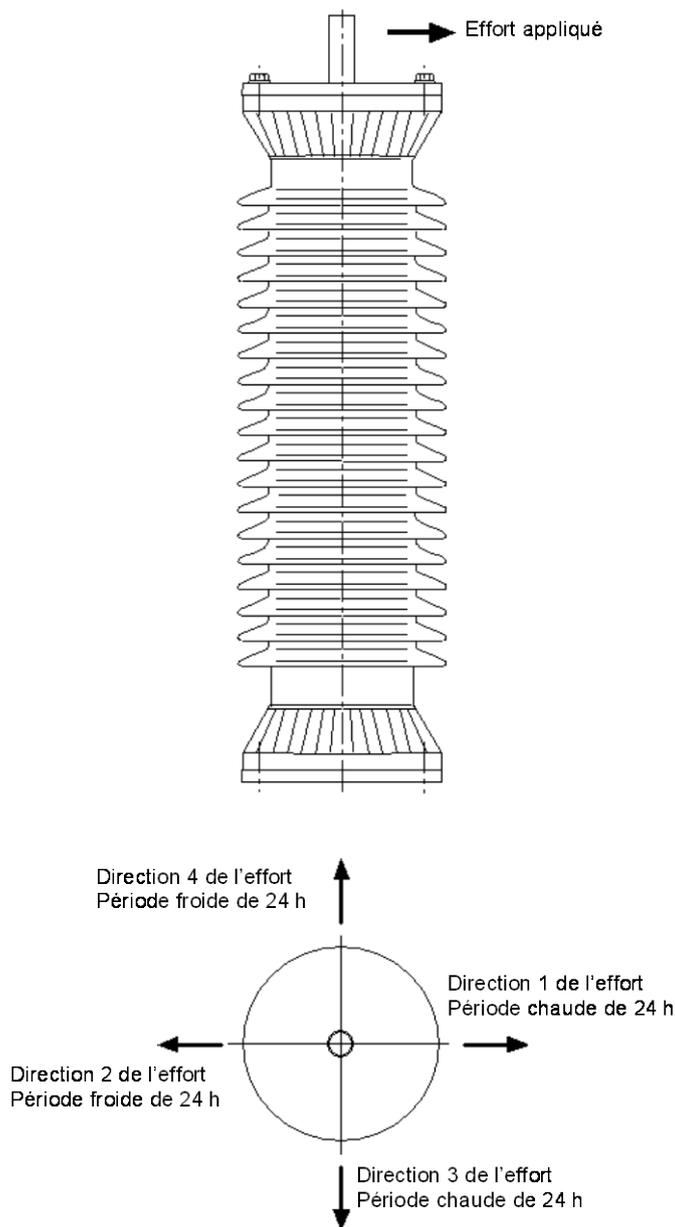


IEC 2901/10

**Figure 5 – Essai thermomécanique**

Les variations de température consistent en deux cycles de 48 h de chauffage et de refroidissement comme décrit à la Figure 5. La température des périodes de chaud et de froid doit être maintenue pendant au moins 16 h. Cet essai doit être réalisé dans l'air.

L'effort mécanique statique appliqué doit être égal au SLL défini par le fabricant. Sa direction change toutes les 24 h à chacune des températures de transition du chaud au froid ou du froid au chaud, comme décrit à la Figure 6.



IEC 2902/10

**Figure 6 – Exemple de configuration pour l’essai thermomécanique et orientation de l’effort de flexion**

Cet essai peut être interrompu pour des raisons de maintenance pendant une durée totale de 4 h, puis repris après l'interruption; le cycle reste alors valide.

Toute déformation résiduelle mesurée à partir de la position initiale au repos doit être relevée. La déformation résiduelle doit être mesurée au cours de la période de 1 min à 10 min qui suit le relâchement de l'effort.

**c) Pré-conditionnement thermique**

Cette partie de l'essai s'applique uniquement aux SVU pour lesquels aucune résistance à la flexion n'est déclarée.

L'échantillon est soumis aux variations de température comme décrit à la Figure 5, sans qu'aucun effort ne soit appliqué.

Les variations de température consistent en deux cycles de 48 h de chauffage et de refroidissement comme décrit à la Figure 5. La température des périodes de chaud et de froid doit être maintenue pendant au moins 16 h. Cet essai doit être réalisé dans l'air.

#### 8.9.1.2.3.2 Essai d'immersion dans l'eau

Les échantillons d'essai doivent rester immergés pendant 42 h dans un récipient contenant de l'eau déminéralisée en ébullition, additionnée de 1 kg/m<sup>3</sup> de NaCl.

NOTE 1 Les caractéristiques de l'eau décrites ci-dessus sont celles mesurées en début d'essai.

NOTE 2 Cette température (eau en ébullition) peut être réduite à 80 °C (avec une durée minimale de 52 h) par accord entre l'utilisateur et le fabricant si ce dernier indique que le matériau d'étanchéité utilisé ne peut pas résister à la température d'ébullition pendant 42 h. Cette valeur de 52 h peut être prolongée jusqu'à 168 h (c'est-à-dire une semaine) après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

A l'issue de l'ébullition, le SVU doit rester dans le récipient jusqu'à ce que l'eau refroidisse à environ 50 °C, et doit être maintenu dans l'eau à cette température jusqu'à ce que les essais de vérification puissent être effectués. Le SVU doit être retiré de l'eau et refroidi à température ambiante pendant une durée maximale de trois constantes de temps thermique de l'échantillon. Le maintien à une température de 50 °C est nécessaire uniquement si les essais de vérification doivent être différés à l'issue de l'essai d'immersion dans l'eau comme illustré à la Figure 7. Les essais d'évaluation doivent être réalisés dans les délais spécifiés en 8.9.1.2.4. Une fois retiré de l'eau, l'échantillon peut être rincé à l'eau de robinet.

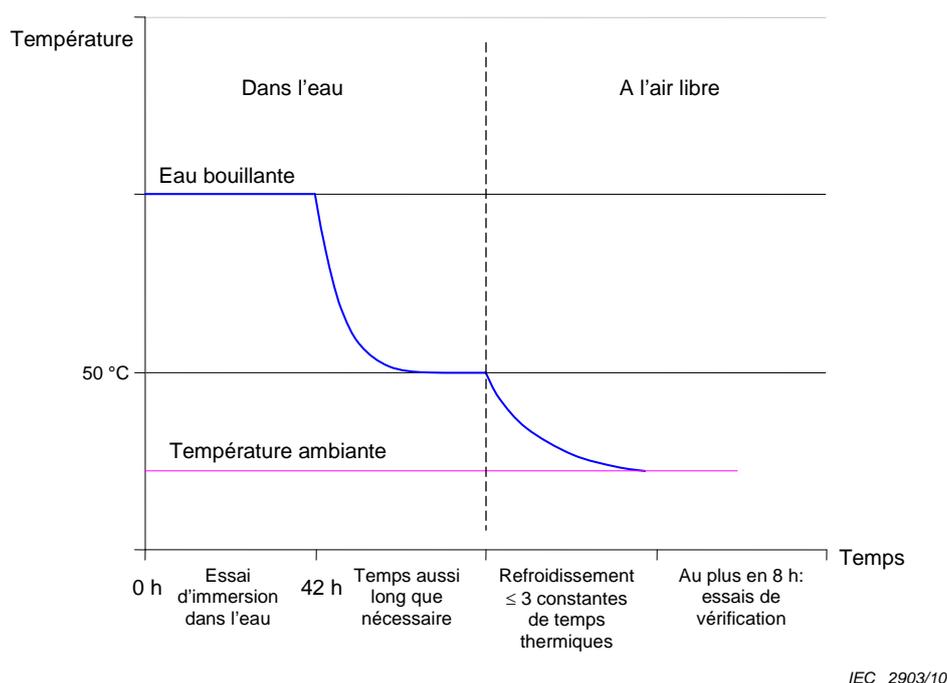


Figure 7 – Essai d'immersion dans l'eau

#### 8.9.1.2.4 Evaluation de l'essai

Les essais décrits en 8.9.1.2.2 doivent être répétés sur chaque échantillon d'essai.

Le résultat de l'essai du SVU est positif si les résultats suivants sont obtenus:

- a) SVU d'EGLA de valeur  $U_m > 52$  kV

A l'issue de l'étape 2:

- il n'y a aucun dommage visible;
- la pente de la courbe effort-déformation demeure positive jusqu'à la valeur SSL, sauf pour des creux ne dépassant pas 5 % de l'amplitude du SSL. La fréquence d'échantillonnage de l'appareil de mesure numérique doit être d'au moins  $10 \text{ s}^{-1}$ . La fréquence de coupure de l'appareil de mesure ne doit pas être inférieure à 5 Hz.

La déformation maximale au cours des étapes 1 et 2 ainsi que toute déformation permanente résiduelle à l'issue de l'essai doivent être relevées.

A l'issue de l'étape 3:

dans les 8 h qui suivent le refroidissement comme décrit à la Figure 7:

- l'augmentation de la puissance absorbée, mesurée à 0,7 fois  $U_{\text{ref}}$  et à une température ambiante qui ne s'écarte pas de plus de 3 K par rapport à celle des mesures initiales, n'est pas supérieure à la valeur la plus élevée de 20 mW/kV de (0,7 fois  $U_{\text{ref}}$ ) ou 20 %;
- l'intensité des décharges partielles internes mesurée à 0,7 fois  $U_{\text{ref}}$  ne dépasse pas 10 pC;

à tout moment, à l'issue des mesures ci-dessus, la puissance absorbée et les décharges partielles:

- pour des SVU à volume interne de gaz et à système d'étanchéité séparé, les résultats des mesures du taux de fuite des échantillons sont conformes à 9.1 c);
- la tension résiduelle mesurée sur l'échantillon complet, à la même valeur de courant et de forme d'onde que la mesure initiale, ne s'écarte pas de plus de 5 % de la valeur initialement mesurée;
- la différence de tension entre deux chocs successifs au courant nominal de décharge ne doit pas dépasser 2 %, et les oscillogrammes de la tension et du courant ne révèlent aucun claquage partiel ou total de l'échantillon d'essai. La forme d'onde du courant doit être dans la gamme de  $T_1/T_2 = (4 \text{ à } 10)/(10 \text{ à } 25) \mu\text{s}$ , et les chocs doivent être appliqués à des intervalles de 50 s à 60 s.

NOTE Dans le cas de SVU très longs, lorsque les blocs peuvent être démontés, cette partie de l'essai d'évaluation peut être réalisée sur des blocs individuels ou des piles de blocs. Si les blocs ne peuvent pas être démontés, il serait également possible de percer un trou dans l'isolation du SVU pour établir le contact avec la pile intérieure au niveau d'une entretoise métallique et il serait possible de cette manière de soumettre à l'essai des fractions de SVU plus courtes.

- la variation de la tension de référence mesurée avant et après les deux essais de tension résiduelle ne doit pas dépasser 2 %.

#### **b) SVU d'EGLA de valeur $U_m \leq 52 \text{ kV}$**

A l'issue de l'étape 1:

- il n'y a aucun dommage visible;
- pour l'étape 1.1, la pente de la courbe effort-déformation demeure positive jusqu'à la valeur du SLL, sauf pour des creux ne dépassant pas 5 % de l'amplitude du SSL. La fréquence d'échantillonnage de l'appareil de mesure numérique doit être d'au moins  $10 \text{ s}^{-1}$ . La fréquence de coupure de l'appareil de mesure ne doit pas être inférieure à 5 Hz.

La déformation maximale au cours de l'étape 1 ainsi que toute déformation permanente résiduelle à l'issue de l'essai doivent être relevées.

A l'issue de l'étape 2:

dans les 8 h qui suivent le refroidissement comme décrit à la Figure 7:

- l'augmentation de la puissance absorbée, mesurée à 0,7 fois  $U_{ref}$  et à une température ambiante qui ne s'écarte pas de plus de 3 K par rapport à celle des mesures initiales, n'est pas supérieure à la valeur la plus élevée de 20 mW/kV de (0,7 fois  $U_{ref}$ ) ou 20 %;
- l'intensité des décharges partielles internes mesurée à 0,7 fois  $U_{ref}$  ne dépasse pas 10 pC;

à tout moment, à l'issue des mesures ci-dessus, la puissance absorbée et les décharges partielles:

- pour des SVU à volume interne de gaz et à système d'étanchéité séparé, les résultats des mesures du taux de fuite des échantillons sont conformes à 9.1 c);
- la tension résiduelle mesurée à la même valeur de courant et de forme d'onde que la mesure initiale, ne s'écarte pas de plus de 5 % de la valeur initialement mesurée;
- la différence de tension entre deux chocs successifs au courant nominal de décharge ne doit pas dépasser 2 %, et les oscillogrammes de la tension et du courant ne révèlent aucun claquage partiel ou total de l'échantillon d'essai. La forme d'onde du courant doit être dans la gamme de  $T_1/T_2 = (4 \text{ à } 10)/(10 \text{ à } 25) \mu\text{s}$ , et les chocs doivent être appliqués à des intervalles de 50 s à 60 s.
- la variation de la tension de référence mesurée avant et après les deux essais de tension résiduelle ne doit pas dépasser 2 %.

NOTE Dans le cas de SVU très longs, lorsque les blocs peuvent être démontés, l'essai de tension résiduelle peut être réalisé sur des blocs individuels ou des piles de blocs. Si les blocs ne peuvent pas être démontés, il serait également possible de percer un trou dans l'isolation du SVU pour établir le contact avec la pile intérieure au niveau d'une entretoise métallique et il serait possible de cette manière de soumettre à l'essai des fractions de SVU plus courtes.

## 8.9.2 Essai de vibrations

### 8.9.2.1 Généralités

Cet essai démontre que le SVU peut supporter les valeurs de contraintes vibratoires spécifiées par le fabricant. L'essai doit être réalisé sur un SVU complet.

Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de réception conformément à 10.7.

NOTE Il convient également de soumettre l'éclateur à un essai de vibrations. Il convient que la contrainte mécanique soit comparable à la contrainte exigée pour le SVU; il convient que les conditions de mise en place de l'échantillon d'essai soient convenues entre le fabricant et l'acheteur.

### 8.9.2.2 Procédure et conditions d'essai

- |  |  |
|--|--|
| • Conditions d'installation:               | Configuration de montage la plus critique prévue                       |
| • Charge:                                  | Electrode réelle ou masse maximale spécifiée                           |
| • Accélération à l'extrémité libre du SVU: | 1·g  |
| • Nombre d'oscillations:                   | $1 \cdot 10^6$ (un million)  |
| • Fréquence:                               | Fréquence de résonance du SVU  |
| • Direction des oscillations:              | Direction la plus critique prévue par rapport à l'axe de l'échantillon |

NOTE Il est admis de spécifier des valeurs d'accélération autres que 1·g après accord entre le fabricant et l'acheteur.

### 8.9.2.3 Evaluation de l'essai

L'évaluation de l'essai spécifié ci-après doit être effectuée comme suit:

- a) La tension de référence mesurée avant et après l'essai ne doit pas avoir varié de plus de 5 %.
- b) Le résultat d'un essai de décharges partielles réalisé selon 9.1 b) doit être satisfaisant.
- c) Toute variation de la tension résiduelle à (0,01 à 1) fois le courant nominal de décharge et à une forme d'onde du courant dans la gamme de  $T_1/T_2 = (4 \text{ à } 10)/(10 \text{ à } 25) \mu\text{s}$ , mesurée avant et après l'essai, doit s'inscrire dans une plage de (– 2 % à + 5 %).
- d) L'examen visuel de l'échantillon après l'essai ne doit révéler aucune trace de perforation, de contournement et de fissure ou autre dommage significatif de l'échantillon d'essai. S'il est impossible de retirer les résistances à oxyde métallique de l'échantillon d'essai pour effectuer un examen visuel, les essais supplémentaires suivants doivent être réalisés afin de s'assurer qu'aucun dommage n'a eu lieu au cours de l'essai. Après l'essai de tension résiduelle c), il doit être appliqué à l'échantillon d'essai deux chocs au courant nominal de décharge. Le premier doit être appliqué à l'issue d'un délai suffisant permettant à l'échantillon de refroidir jusqu'à température ambiante. Le second doit être appliqué entre 50 s et 60 s après le premier. Pendant l'application des deux chocs, les oscillogrammes de la tension et du courant ne doivent révéler aucun claquage et la différence de tension résiduelle entre la mesure initiale avant l'essai et l'application du dernier des deux chocs après l'essai doit demeurer dans une plage comprise entre (- 2 % et + 5 %).

## 8.10 Essais de vieillissement climatique

### 8.10.1 Généralités

Les essais d'environnement démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du SVU ne sont pas affectés par les conditions climatiques. L'essai doit être réalisé sur un SVU complet de n'importe quelle longueur. Pour les SVU avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé, les éléments internes peuvent être retirés. Les SVU dont les éléments ne diffèrent qu'en termes de longueurs, qui sont d'une même conception, utilisent les mêmes matériaux et disposent du même système d'étanchéité dans chaque élément, sont considérés du même type.

### 8.10.2 Préparation des échantillons

Avant les essais, l'échantillon doit être soumis à un contrôle d'étanchéité au moyen de toute méthode sensible choisie par le fabricant.

### 8.10.3 Procédure d'essai

Les essais spécifiés ci-après doivent être effectués sur un échantillon dans l'ordre indiqué.

#### 8.10.3.1 Essai de cycles de températures

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai Nb de la CEI 60068-2-14. La période chaude doit correspondre à une température d'au moins +40 °C, mais sans excéder +70 °C. La période froide doit correspondre à une température inférieure d'au moins 85 K à la température appliquée en période chaude; toutefois, la température la plus basse en période froide ne doit pas être inférieure à –50 °C.

- gradient de variation de température: 1 K/min;
- durée de chaque palier de température: 3 h;
- nombre de cycles: 10.

#### 8.10.3.2 Essai au brouillard salin

L'essai doit être, dans la mesure applicable, effectué conformément à l'Article 4 et à 7.6 de la CEI 60068-2-11:

- concentration en sel: 5 % ± 1 % en masse;
- durée de l'essai: 96 h.

#### 8.10.4 Evaluation de l'essai

L'essai du SVU est considéré positif si les mesures du taux de fuite de l'échantillon sont conformes à 8.10.2.

#### 8.10.5 Procédure d'essai supplémentaire applicable aux SVU à enveloppe en polymère (composite et résine moulée)

Pour les SVU à enveloppe en polymère (composite et résine moulée), la résistance aux rayonnements UV doit être démontrée par l'essai de résistance aux UV, conformément à 8.10.5.1 et 8.10.5.2 (correspondant à 9.3.2 de la CEI 62217). Si, pour le modèle concerné, un rapport d'essai de vieillissement climatique relatif à l'essai de 5 000 h (Série d'essais B) est réalisé conformément à la CEI 60099-4, 10.8.14 est applicable et peut remplacer l'essai de résistance aux UV après accord entre le fabricant et l'acheteur.

##### 8.10.5.1 Procédure d'essai

Choisir trois éprouvettes de matériaux d'ailettes et d'enveloppes pour cet essai (marquage inclus, le cas échéant). Le matériau de l'enveloppe de l'isolateur doit être soumis à un essai de résistance à la lumière UV de 1 000 h en utilisant l'une des méthodes suivantes. Les marquages éventuels de l'enveloppe doivent être directement exposés à la lumière ultraviolette:

- Méthodes de la lampe à arc au xénon: Selon l'ISO 4892-1 et l'ISO 4892-2, en utilisant la méthode A sans périodes sombres, cycle d'aspersion normalisé, températures de corps noir normalisé/tableau noir de 65 °C, un éclairage énergétique d'environ 550 W/m<sup>2</sup>
- Méthode à la lampe fluorescente UV: Selon l'ISO 4892-1 et l'ISO 4892-3, utilisant une lampe fluorescente UV de type I, méthode d'exposition 1 ou 2.

NOTE Une révision de l'essai de résistance aux UV est actuellement à l'étude par le GT D1.14 du Cigré.

##### 8.10.5.2 Critères de réception

Après l'essai, les marquages sur le matériau des ailettes ou de l'enveloppe doit être lisible; il n'est pas admis de dégradations de surface telles que fissures et zones bombées. En cas de doute concernant ces dégradations, il doit être effectué deux mesures de rugosité de la surface sur chacune des trois éprouvettes. La rugosité  $R_z$  telle que définie dans l'ISO 4287, doit être mesurée sur une longueur d'échantillonnage d'au moins 2,5 mm.  $R_z$  ne doit pas dépasser 0,1 mm.

NOTE Les détails relatifs aux instruments de mesure de la rugosité de surface sont fournis dans l'ISO 3274.

## 9 Essais individuels

### 9.1 Généralités

Les exigences minimales d'essais individuels à réaliser par le fabricant doivent être les suivantes:

- a) Mesure de la tension de référence ( $U_{ref}$ ) de chaque élément de SVU (voir 3.7 et 6.8). Les valeurs mesurées doivent s'inscrire dans les limites spécifiées par le fabricant.
- b) Essai de décharges partielles internes. Cet essai doit être réalisé sur chaque élément de SVU. L'échantillon d'essai peut être protégé contre les décharges partielles externes. La tension à fréquence industrielle doit être portée à au moins 0,7 fois  $U_{ref}$ . A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. L'intensité des décharges partielles mesurée ne doit pas dépasser 10 pC.
- c) Pour les éléments de SVU à enveloppe étanche et volume interne de gaz, le contrôle de l'étanchéité doit être effectué sur chaque élément de SVU au moyen de toute méthode sensible choisie par le fabricant.

- d) Essai de tension résiduelle du SVU. Cet essai peut être effectué soit sur un SVU complet, des éléments de SVU ou un échantillon constitué d'un ou de plusieurs éléments de résistance à oxyde métallique. Le fabricant doit spécifier un courant de choc de foudre convenable compris entre 0,01 et 1 fois le courant nominal auquel la tension résiduelle est mesurée. Si on ne la mesure pas directement, la tension résiduelle du SVU complet est prise comme étant la somme des tensions résiduelles des éléments de résistance, ou des éléments de SVU séparés. La tension résiduelle pour le SVU complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le fabricant. Il doit être spécifié que la tension résiduelle est exempte d'une chute de tension inductive due à la dimension du SVU.

NOTE L'essai de tension résiduelle de d) peut également être réalisé avec un courant de choc correspondant à la valeur maximale du courant de suite prévu passant par les résistances non linéaires à oxyde métallique. Ce point sur la caractéristique U-I doit avoir été mesuré lors de l'essai de type (8.3.3).

## 10 Essais de réception

### 10.1 Généralités

Lorsque des essais de réception sont spécifiés par l'acheteur dans la commande, ils doivent être choisis parmi ceux énumérés ci-après. Le nombre d'échantillons d'essai et la manière de les préparer sont indiqués dans le Tableau 6, où "A" représente le nombre entier inférieur le plus proche de la racine cubique du nombre d'EGLA objet de la commande.

**Tableau 6 – Essais de réception**

Intitulé de l'essai	Nombre d'échantillons d'essai	EGLA avec (av) ou sans (ss) isolateur	Fraction d'EGLA avec (av) ou sans (ss) isolateur	Élément de SVU	Numéro d'article
1. Tension de référence	"A"			Essai	10.2
2. Essai de décharges partielles internes	"A"			Essai	10.3
3. Essai aux tensions perturbatrices RF	1	Essai (av)			10.4
4. Essai de la coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA <sup>a)</sup>	1	Essai (av)			10.5
5. Essai de coupure du courant de suite <sup>b)</sup>	1	Essai (ss) <sup>c)</sup>	Essai (ss) <sup>c)</sup>		10.6
6. Essai de vibrations <sup>d)</sup>	1			Essai (ss) <sup>e)</sup>	10.7

<sup>a)</sup> Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de type conformément à 8.4.  
<sup>b)</sup> Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de type conformément à 8.8.  
<sup>c)</sup> Cet essai est réalisé soit sur un EGLA complet soit sur une fraction d'EGLA; voir 8.8.2.  
<sup>d)</sup> Cet essai est obligatoire s'il n'est pas réalisé comme un essai de type conformément à 8.9.2.  
<sup>e)</sup> Cet essai est réalisé sur un SVU complet, y compris ses supports métalliques, l'électrode de l'éclateur extérieur en série étant en place.

### 10.2 Mesure de la tension de référence d'un SVU

La tension de référence du SVU doit être mesurée conformément à 3.7 et 6.8. Les valeurs mesurées doivent s'inscrire dans les limites spécifiées par le fabricant.

### 10.3 Essai de décharges partielles internes du SVU

La tension à fréquence industrielle doit être portée à au moins 0,7 fois  $U_{ref}$ . A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. L'intensité des décharges partielles mesurée ne doit pas dépasser 10 pC. L'échantillon d'essai peut être protégé contre les décharges partielles externes.

### 10.4 Essai aux tensions perturbatrices RF

L'EGLA, muni de l'ensemble isolateur à protéger, doit être soumis aux essais conformément à 8.12 de la CEI 60099-4. La tension d'essai doit être la tension maximale continue phase-terre du réseau ( $U_s/\sqrt{3}$ ) qui sera appliquée en service.

L'EGLA et l'ensemble isolateur à protéger doivent être montés de manière à simuler une installation système réelle. L'essai doit être effectué sur l'EGLA le plus long, à la tension assignée la plus forte utilisée pour un type particulier d'EGLA. La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'EGLA.

Le niveau maximal de perturbations RF de l'EGLA muni de l'ensemble isolateur, soumis à la tension d'essai, ne doit pas dépasser 2 500  $\mu$ V.

### 10.5 Essai de la coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA

#### 10.5.1 Généralités

L'essai de coordination entre la tenue de l'isolateur et le niveau de protection de l'EGLA est obligatoire comme essai de réception s'il n'a pas été réalisé comme essai de type conformément à 8.4. Cet essai vérifie la coordination correcte entre les tensions d'amorçage en présence de chocs de front d'onde et de chocs de foudre normaux de l'EGLA d'une part et l'ensemble isolateur type ayant la distance d'isolement la plus courte à protéger dans le système réel.

L'échantillon d'essai est constitué d'un EGLA complet muni de l'ensemble isolateur branché en parallèle.

#### 10.5.2 Essai d'amorçage au choc sur front d'onde

Les tensions de chocs de foudre sur front d'onde d'une raideur conventionnelle suffisante pour entraîner l'amorçage sur front d'onde conformément au Tableau 7, doivent être appliquées à l'échantillon d'essai, cinq fois pour chacune des polarités dans des conditions sèches.

**Tableau 7 – Raideur conventionnelle du front d'onde de choc de foudre sur front d'onde**

Tension assignée de l'EGLA kV	Raideur conventionnelle du front d'onde kV/ $\mu$ s
$3 < U_r \leq 10$	$8,3 U_r$
$10 < U_r \leq 120$	$7,0 U_r$
$120 < U_r \leq 200$	$6,0 U_r$
$200 < U_r \leq 300$	1 300
$300 < U_r \leq 420$	1 500
$U_r > 420$	2 000

### 10.5.2.1 Evaluation de l'essai

Le résultat de l'essai de l'EGLA est positif si tous les amorçages sur front d'onde ont lieu dans l'éclateur extérieur en série et qu'aucun contournement n'a lieu au niveau de l'ensemble isolateur.

### 10.5.3 Essai d'amorçage au choc de foudre normal

Cet essai a pour objectif de déterminer la marge de protection qu'apporte l'EGLA à l'isolateur.

#### 10.5.3.1 Procédure d'essai

La tension d'essai doit être une tension de choc de foudre normale de 1,2/50. L'objectif de l'essai est de vérifier la valeur de la tension d'amorçage à 50 %  $U_{50, EGLA}$  et de s'assurer que la marge de protection est suffisante entre la tension d'amorçage de l'EGLA et la tension de contournement de l'isolateur à protéger.

La séquence d'essai a) et b) doit être réalisée successivement:

- a) La tension d'amorçage à 50 % de l'EGLA doit être vérifiée pour chaque polarité par la méthode de montée/descente de la CEI 60060-1.
- b) L'écartement des électrodes de l'éclateur en série de l'EGLA doit être augmenté de façon à ce qu'il n'y ait aucun amorçage au cours de la séquence d'essai suivante: 15 chocs de foudre de chaque polarité, d'une valeur de crête égale à  $(1+X\cdot\sigma)$  fois la tension d'amorçage à 50 % doivent être appliqués à l'échantillon d'essai. Le paramètre  $X$ , spécifiant la marge de protection entre l'EGLA et l'isolateur, doit être convenu entre le fabricant et l'utilisateur. La valeur minimale admissible de  $X$  est de 1,3.

NOTE 1 Après accord entre le fabricant et l'utilisateur, la tension d'amorçage à 50 % de l'ensemble isolateur peut être vérifiée par la méthode d'essai de montée/descente.

NOTE 2 Il convient d'évaluer la marge de protection par  $U_{50, EGLA}$  plus  $X$  fois l'écart type ( $U_{50, EGLA} + X\cdot\sigma$ ) sans dépasser  $U_{50, Isolateur}$  moins  $X$  fois l'écart type, ( $U_{50, Isolateur} - X\cdot\sigma$ ) de l'ensemble isolateur à protéger. La valeur de  $X$  et le nombre admis de contournements de l'ensemble isolateur doivent être convenus entre le fabricant et l'utilisateur. L'écart type ( $\sigma$ ) est établi à 3 % pour des formes d'onde 1,2/50.

NOTE 3 Une valeur de 2,5 est recommandée pour  $X$ .

#### 10.5.3.2 Evaluation de l'essai

Le résultat de l'essai est positif si aucun contournement n'a lieu sur l'ensemble isolateur au cours des séquences d'essai a) et b) si aucun autre critère n'a été convenu entre le fabricant et l'utilisateur (voir NOTE 2 de 10.5.3.1).

## 10.6 Essai de coupure du courant de suite

### 10.6.1 Généralités

Cet essai permet de vérifier la capacité de coupure du courant de suite de l'EGLA après amorçage de l'éclateur en série au choc de foudre. L'échantillon d'essai est un EGLA complet ou une fraction d'EGLA.

L'essai permet également de vérifier les performances de l'EGLA dans des conditions de pollution en tenant compte du courant qui circulerait à la surface de l'enveloppe du SVU du fait de la présence d'une couche de pollution humide.

Cet essai doit être réalisé soit comme essai de réception, le niveau de SDD étant convenu entre le fabricant et l'acheteur, soit, comme autre alternative, comme un essai de type, avec un niveau de SDD et une configuration d'EGLA choisis par le fabricant (voir 8.8.)

L'essai doit être réalisé soit selon la "méthode d'essai A" (voir 8.8.2) soit selon la "méthode d'essai B" (voir 8.8.3). Si le niveau de sévérité de la pollution sur le site est "très fort" conformément à la définition de la CEI/TS 60815-1, la "méthode d'essai B" doit être appliquée. Il est également possible que le choix de la méthode d'essai soit à la discrétion du fabricant.

NOTE Avec la "méthode d'essai A", l'effet de la pollution sur le courant de fuite à la surface extérieure du SVU est modélisé par une résistance linéaire supplémentaire connectée en parallèle au SVU, et l'essai est effectué dans des conditions propres et sèches. La "méthode d'essai B" est réalisée dans des conditions de pollution artificielles.

### 10.6.2 Procédure d'essai

Voir 8.8.2.2 et 8.8.3.2.

### 10.6.3 Séquence d'essai

Voir 8.8.2.3 et 8.8.3.2.

### 10.6.4 Evaluation de l'essai

Voir 8.8.2.4 et 8.8.3.3.

## 10.7 Essai de vibrations du SVU avec électrode en place

Cet essai démontre que le SVU complet, y compris l'électrode fixée de l'éclateur extérieur en série et les supports métalliques, est capable de supporter les contraintes vibratoires prévues en service.

Cet essai est obligatoire s'il n'a pas été réalisé comme un essai de type conformément à 8.9.2.

### 10.7.1 Procédure et conditions d'essai

- Conditions d'installation: Montage dans les conditions de service prévues, y compris les supports métalliques et l'électrode au niveau du SVU
- Accélération à l'extrémité libre du SVU: 1 g
- Nombre d'oscillations:  $1 \times 10^6$  (un million)
- Fréquence: Fréquence de résonance de l'installation
- Direction des oscillations: La direction de l'effort le plus critique de l'installation prévue en service.

NOTE Il est admis de spécifier des valeurs d'accélération autres que 1 g après accord entre le fabricant et l'acheteur.

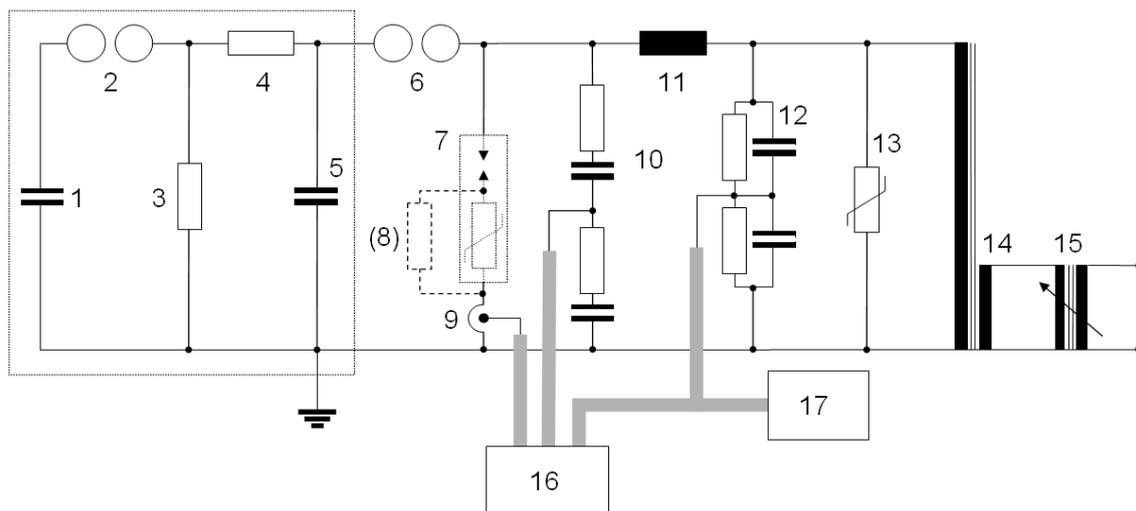
### 10.7.2 Evaluation de l'essai

- a) La tension de référence mesurée avant et après l'essai ne doit pas avoir varié de plus de 5 %.
- b) Le résultat d'un essai de décharges partielles réalisé selon 9.1 b) doit être satisfaisant.
- c) Toute variation de la tension résiduelle à (0,01 à 1) fois le courant nominal de décharge et à une forme d'onde de courant dans la gamme de  $T_1/T_2 = (4 \text{ à } 10)/(10 \text{ à } 25) \mu\text{s}$ , mesurée avant et après l'essai, doit s'inscrire dans une plage de (- 2 % à + 5 %).
- d) L'examen visuel de l'échantillon après l'essai ne doit révéler aucune trace de perforation, de contournement et de fissure ou autre dommage significatif de l'échantillon d'essai. S'il est impossible de retirer les résistances à oxyde métallique de l'échantillon d'essai pour effectuer un examen visuel, les essais supplémentaires suivants doivent être réalisées afin de s'assurer qu'aucun dommage n'a eu lieu au cours de l'essai. Après l'essai de

tension résiduelle c), il doit être appliqué à l'échantillon d'essai deux chocs au courant nominal de décharge. Le premier doit être appliqué à l'issue d'un délai suffisant permettant à l'échantillon de refroidir jusqu'à température ambiante. Le second doit être appliqué entre 50 s et 60 s après le premier. Pendant l'application des deux chocs, les oscillogrammes de la tension et du courant ne doivent révéler aucun claquage et la différence de tension résiduelle entre la mesure initiale avant l'essai et l'application du dernier des deux chocs après l'essai doit demeurer dans une plage comprise entre (– 2 % à + 5 %).

## Annexe A (informative)

### Exemple de circuit d'essai de coupure du courant de suite



IEC 2904/10

La Figure A.1 fournit un exemple de circuit d'essai de coupure du courant de suite sur un ECLA de tension assignée de 15 kV à 50 kV. La résistance linéaire (8) est uniquement présente dans le cas de la "méthode d'essai A".

#### Légende

- 1 Capacité de mise en charge du générateur de chocs
- 2 Eclateur de déclenchement du générateur de chocs
- 3 Résistance de queue pour une forme d'onde 1,2/50 du générateur de chocs
- 4 Résistance de front pour une forme d'onde 1,2/50 du générateur de chocs
- 5 Capacité de charge du générateur de chocs
- 6 Eclateur à sphères de blocage (diamètre de sphère: 500 mm; longueur d'éclateur: 1 300 mm)
- 7 Dispositif à l'essai: ECLA (SVU plus éclateur en série)  
 $U_T = 15 \text{ kV à } 50 \text{ kV}$ , longueur de l'éclateur = 200 mm à 1 700 mm
- 8 Résistance linéaire parallèle pour simulation du courant de fuite de surface du SVU (uniquement avec la "Méthode d'essai A")
- 9 Transformateur de courant
- 10 Diviseur capacitif amorti
- 11 Inductance,  $L = 52 \text{ mH}$
- 12 Diviseur RC mixte
- 13 Parafoudre à oxyde métallique pour protection d'un transformateur haute tension d'essai,  $U_T = 156 \text{ kV}$
- 14 Transformateur haute tension d'essai
- 15 Transformateur de réglage
- 16 Oscilloscope à trois voies
- 17 Voltmètre numérique crête/ $\sqrt{2}$

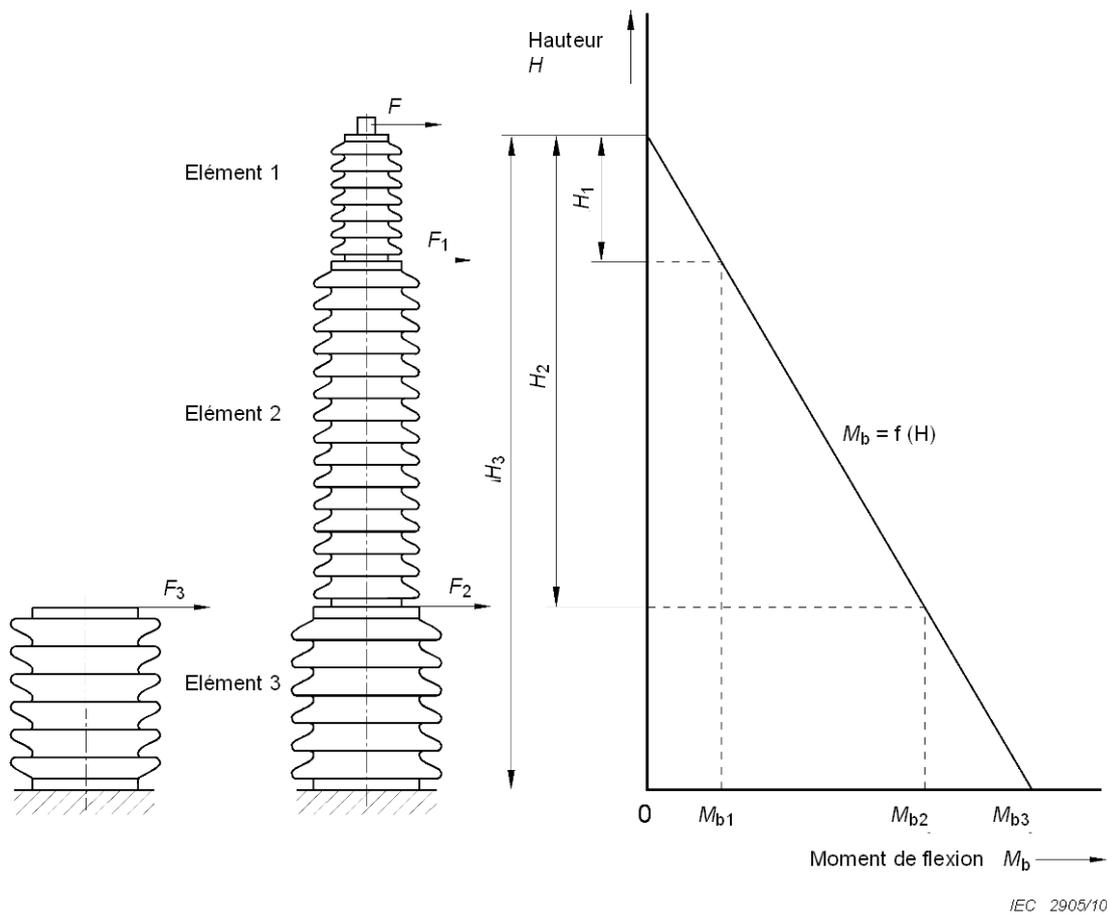
**Figure A.1 – Exemple de circuit d'essai de coupure du courant de suite**

**Annexe B**  
(normative)

**Considérations d'ordre mécanique**

**B.1 Essai en moment de flexion**

Dans le cas d'un SVU à plusieurs éléments, chaque élément doit être soumis à l'essai en moment de flexion conformément à la Figure B.1. L'effort prescrit est calculé comme indiqué ci-après. Si les éléments ne diffèrent que par la longueur mais utilisent les mêmes matériaux et la même conception, il n'est pas nécessaire d'effectuer un essai sur chaque élément.



**Figure B.1 – Moment de flexion – SVU à plusieurs éléments**

Lors de l'essai d'un SVU complet, le moment appliqué à la bride inférieure est  $M_{b3} = F \times H_3$ .

Le moment appliqué à la bride supérieure de l'élément du bas est  $M_{b2} = F \times H_2$ .

Si un élément est soumis à l'essai séparément (par exemple l'élément 3), l'effort  $F_2$  à appliquer à la bride inférieure de l'élément 3 est le suivant:

$$F_2 \times (H_3 - H_2) = F \times H_3$$

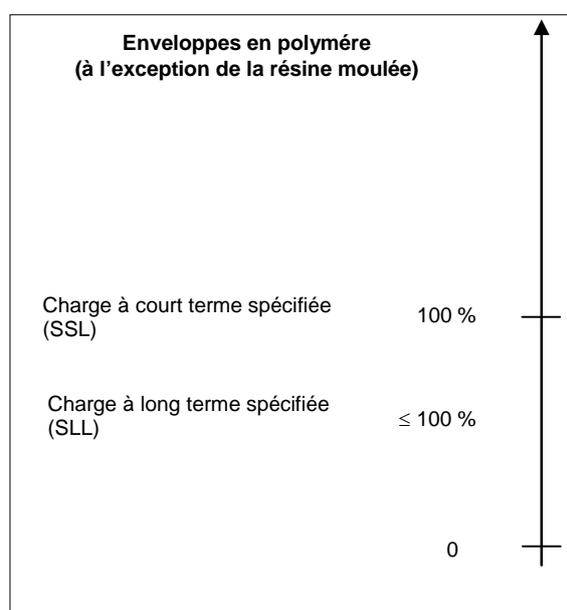
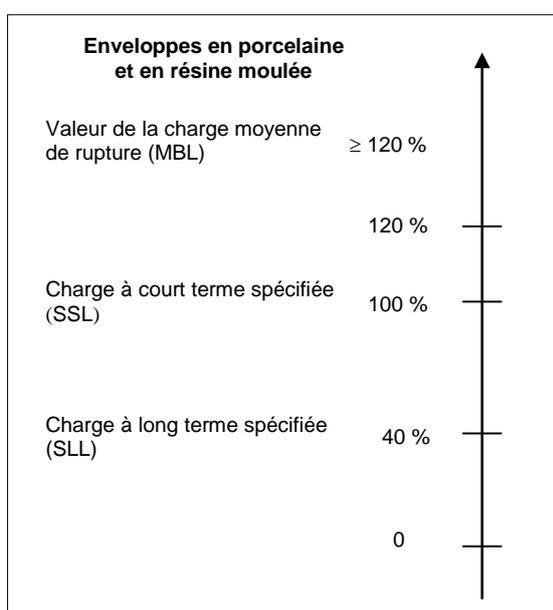
$$F_2 = \frac{F \times H_3}{(H_3 - H_2)}$$

L'essai sur la bride supérieure de l'élément 3 doit être effectué avec l'élément en position retournée. L'effort  $F_3$  à appliquer à la bride supérieure de l'élément 3 est le suivant:

$$F_3 \times (H_3 - H_2) = F \times H_2$$

$$F_3 = \frac{F \times H_2}{(H_3 - H_2)}$$

## B.2 Définition des efforts mécaniques



IEC 2906/10

### B.3 Définition du taux de fuite

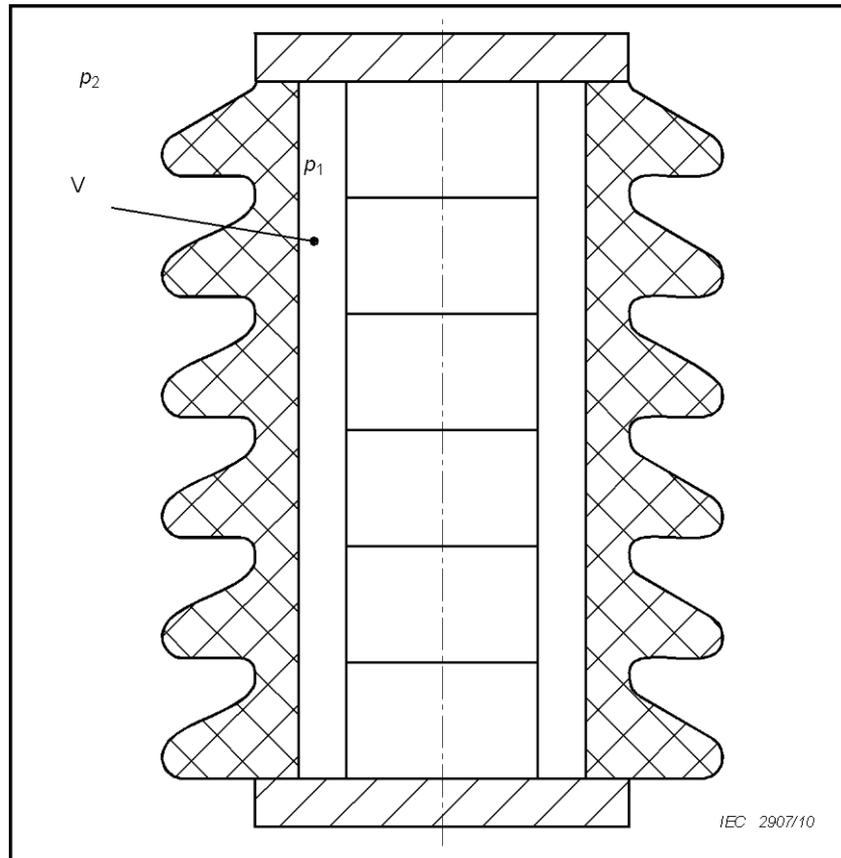


Figure B.2 – Élément de SVU

Le taux de fuite indique la quantité de gaz qui franchit l'étanchéité de l'enveloppe sous une différence de pression d'au moins 70 kPa, par unité de temps. Si l'efficacité de l'étanchéité dépend de la direction du gradient de pression, le cas le plus défavorable doit être considéré.

$$\text{Taux de fuite} = \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t} \text{ à } |p_1 - p_2| \geq 70 \text{ kPa et à une température de } +20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K,}$$

où

$$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1);$$

$p_1(t)$  est la pression interne du gaz dans l'enveloppe du parafoudre en fonction du temps (Pa);

$p_2$  est la pression de gaz à l'extérieur du parafoudre (Pa);

$t_1$  est l'origine de l'intervalle de temps considéré (s);

$t_2$  est la fin de l'intervalle de temps considéré (s);

$$\Delta t = t_2 - t_1;$$

$V$  est le volume interne de gaz du parafoudre ( $\text{m}^3$ ).

#### B.4 Calcul du moment de flexion dû au vent

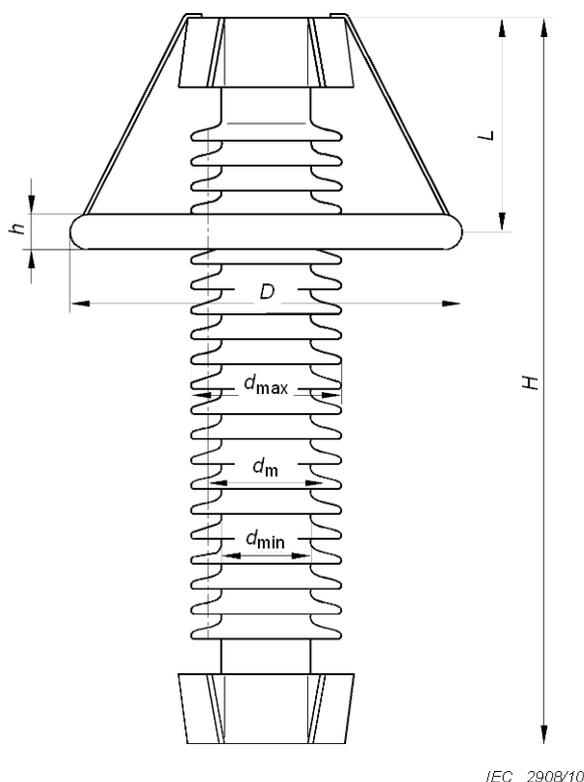


Figure B.3 – Dimensions du SVU

$$M_w = P \times H \times d_m \times C \times H/2 + P \times D \times h \times (H - l)$$

où

$$P = (P_1/2) \times V^2;$$

$$d_m = (d_{\max} + d_{\min})/2;$$

$M_w$  est le moment de flexion dû au vent (Nm);

$H$  est la hauteur du parafoudre (m);

$d_m$  est la valeur moyenne du diamètre de l'isolateur (m);

$h$  est l'épaisseur de l'anneau de répartition de potentiel (m);

$D$  est le diamètre de l'anneau de répartition de potentiel (m);

$l$  est la distance entre l'anneau et la partie supérieure (m);

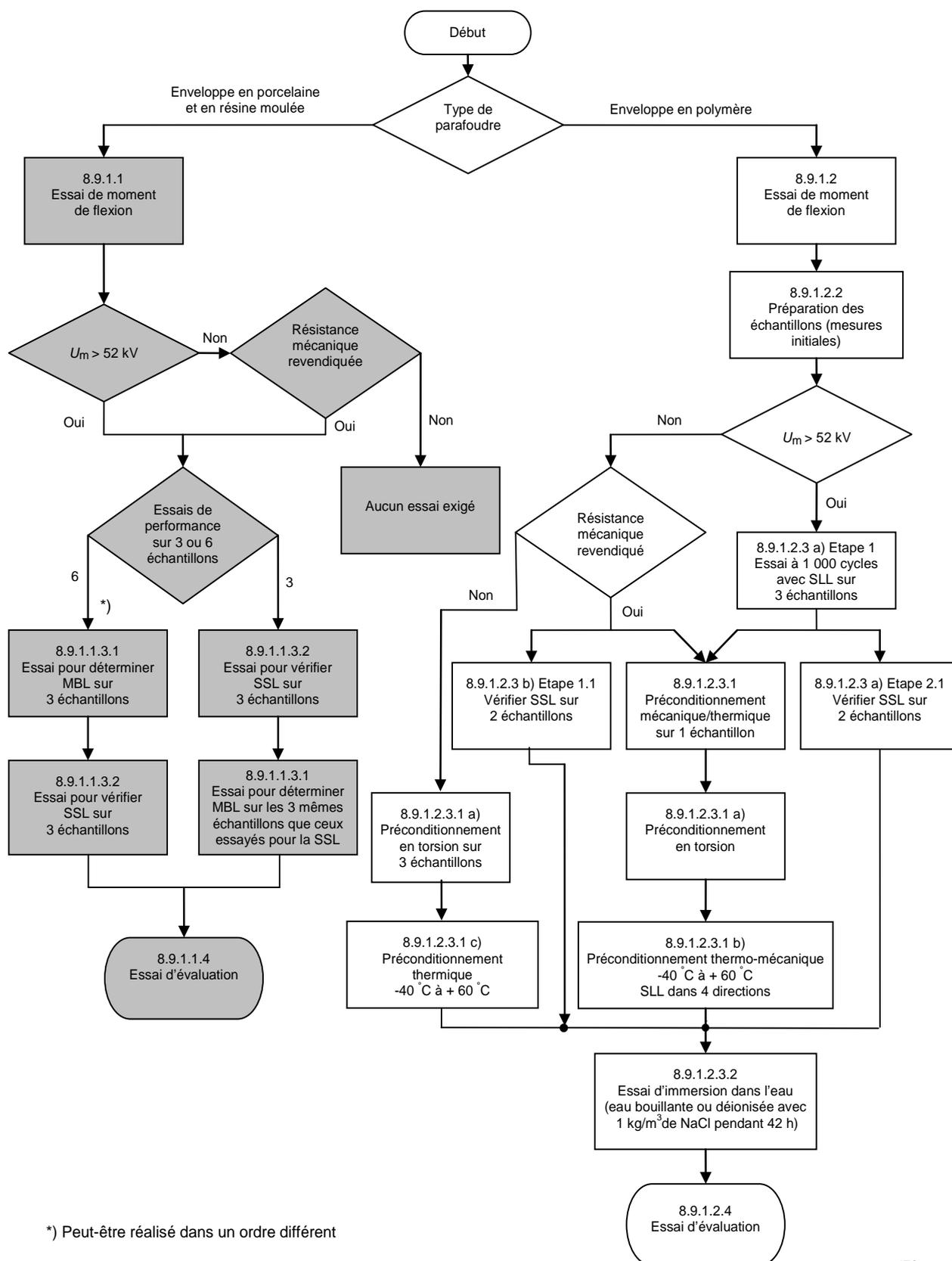
$C$  est le coefficient de foisonnement des parties cylindriques, pris égal à 0,8;

$P$  est la pression dynamique du vent (N/m<sup>2</sup>);

$P_1$  est la densité de l'air à 1,013 bar et à 0 °C, prise égale à 1,29 kg/m<sup>3</sup>;

$V$  est la vitesse du vent (m/s).

### B.5 Organigramme – Procédures d’essai en moment de flexion pour des SVU à enveloppe en porcelaine/résine moulée et polymère



\*) Peut-être réalisé dans un ordre différent

## **Bibliographie**

IEEE C62.11: *Standard for Metal-Oxide Surge Arrester for Alternating Current Power Circuits (>1 kV)*

ISO 3274, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Nominal characteristics of contact (stylus) instruments*

---





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

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

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