



IEC 60099-4

Edition 3.0 2014-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Surge arresters –

Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems

Parafoudres –

Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XH

ICS 29.120.50; 29.240.10

ISBN 978-2-8322-1646-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	11
INTRODUCTION.....	14
1 Scope.....	15
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	16
4 Identification and classification	26
4.1 Arrester identification.....	26
4.2 Arrester classification	26
5 Standard ratings and service conditions	27
5.1 Standard rated voltages.....	27
5.2 Standard rated frequencies.....	27
5.3 Standard nominal discharge currents	27
5.4 Service conditions.....	27
5.4.1 Normal service conditions.....	27
5.4.2 Abnormal service conditions	27
6 Requirements	28
6.1 Insulation withstand	28
6.2 Reference voltage.....	28
6.3 Residual voltages	28
6.4 Internal partial discharges.....	29
6.5 Seal leak rate.....	29
6.6 Current distribution in a multi-column arrester.....	29
6.7 Thermal stability	29
6.8 Long term stability under continuous operating voltage	29
6.9 Heat dissipation behaviour of test sample	29
6.10 Repetitive charge transfer withstand	29
6.11 Operating duty.....	29
6.12 Power-frequency voltage versus time characteristics of an arrester	29
6.13 Short-circuit performance.....	30
6.14 Disconnecter.....	30
6.14.1 Disconnecter withstand.....	30
6.14.2 Disconnecter operation	30
6.15 Requirements on internal grading components.....	30
6.16 Mechanical loads	31
6.16.1 General	31
6.16.2 Bending moment.....	31
6.16.3 Resistance against environmental stresses	31
6.16.4 Insulating base and mounting bracket.....	31
6.16.5 Mean value of breaking load (MBL).....	31
6.16.6 Electromagnetic compatibility	31
6.17 End of life	31
6.18 Lightning impulse discharge capability	31
7 General testing procedure	32
7.1 Measuring equipment and accuracy.....	32
7.2 Reference voltage measurements	32

7.3	Test samples	32
7.3.1	General	32
7.3.2	Arrester section requirements	33
8	Type tests (design tests)	34
8.1	General	34
8.2	Insulation withstand tests	35
8.2.1	General	35
8.2.2	Tests on individual unit housings	36
8.2.3	Tests on complete arrester assemblies	36
8.2.4	Ambient air conditions during tests	36
8.2.5	Wet test procedure	36
8.2.6	Lightning impulse voltage test	37
8.2.7	Switching impulse voltage test	37
8.2.8	Power-frequency voltage test	37
8.3	Residual voltage tests	38
8.3.1	General	38
8.3.2	Steep current impulse residual voltage test	38
8.3.3	Lightning impulse residual voltage test	39
8.3.4	Switching impulse residual voltage test	39
8.4	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	39
8.4.1	General	39
8.4.2	MO resistor elements stressed below U_{ref}	40
8.4.3	Test procedure for MO resistor elements stressed at or above U_{ref}	41
8.5	Test to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	44
8.5.1	General	44
8.5.2	Test procedure	45
8.5.3	Test evaluation	46
8.5.4	Rated values of repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	46
8.6	Heat dissipation behaviour of test sample	47
8.6.1	General	47
8.6.2	Arrester section requirements	47
8.6.3	Procedure to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section	47
8.7	Operating duty test	47
8.7.1	General	47
8.7.2	Test procedure	48
8.7.3	Rated thermal energy and charge values, W_{th} and Q_{th}	51
8.8	Power-frequency voltage-versus-time test	52
8.8.1	General	52
8.8.2	Test samples	53
8.8.3	Initial measurements	54
8.8.4	Test procedure	54
8.8.5	Test evaluation	55
8.9	Tests of arrester disconnectors	55
8.9.1	General	55
8.9.2	Operating withstand test	55
8.9.3	Disconnectors operation	56
8.9.4	Mechanical tests	57
8.9.5	Temperature cycling and seal pumping test	58

8.10	Short-circuit tests	58
8.10.1	General	58
8.10.2	Preparation of the test samples	59
8.10.3	Mounting of the test sample	63
8.10.4	High-current short-circuit tests	64
8.10.5	Low-current short-circuit test	67
8.10.6	Evaluation of test results	67
8.11	Test of the bending moment	67
8.11.1	General	67
8.11.2	Overview	67
8.11.3	Sample preparation	68
8.11.4	Test procedure	68
8.11.5	Test evaluation	68
8.11.6	Test on insulating base and mounting bracket	69
8.12	Environmental tests	69
8.12.1	General	69
8.12.2	Sample preparation	69
8.12.3	Test procedure	69
8.12.4	Test evaluation	70
8.13	Seal leak rate test	70
8.13.1	General	70
8.13.2	Sample preparation	70
8.13.3	Test procedure	70
8.13.4	Test evaluation	70
8.14	Radio interference voltage (RIV) test	70
8.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	72
8.15.1	General	72
8.15.2	Test procedure	72
8.15.3	Test evaluation	72
8.16	Test of internal grading components	72
8.16.1	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	72
8.16.2	Thermal cyclic test	73
9	Routine tests and acceptance tests	74
9.1	Routine tests	74
9.2	Acceptance tests	75
9.2.1	Standard acceptance tests	75
9.2.2	Special thermal stability test	76
10	Test requirements on polymer-housed surge arresters	76
10.1	Scope	76
10.2	Normative references	76
10.3	Terms and definitions	76
10.4	Identification and classification	76
10.5	Standard ratings and service conditions	76
10.6	Requirements	76
10.7	General testing procedure	77
10.8	Type tests (design tests)	77
10.8.1	General	77
10.8.2	Insulation withstand tests	77

10.8.3	Residual voltage tests	77
10.8.4	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	78
10.8.5	Test to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	78
10.8.6	Heat dissipation behaviour of test sample	78
10.8.7	Operating duty tests	78
10.8.8	Power frequency voltage-versus-time test	78
10.8.9	Tests of arrester disconnector	79
10.8.10	Short-circuit tests	79
10.8.11	Test of the bending moment	85
10.8.12	Environmental tests	92
10.8.13	Seal leak rate test	92
10.8.14	Radio interference voltage (RIV) test	92
10.8.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	92
10.8.16	Test of internal grading components	92
10.8.17	Weather ageing test	92
10.9	Routine tests	94
11	Test requirements on gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters)	94
11.1	Scope	94
11.2	Normative references	94
11.3	Terms and definitions	94
11.4	Identification and classification	94
11.5	Standard ratings and service conditions	95
11.6	Requirements	95
11.6.1	Withstand voltages	95
11.7	General testing procedures	98
11.8	Type tests (design tests)	98
11.8.1	General	98
11.8.2	Insulation withstand tests	98
11.8.3	Residual voltage tests	101
11.8.4	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	101
11.8.5	Test to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	101
11.8.6	Heat dissipation behaviour of test sample	101
11.8.7	Operating duty tests	101
11.8.8	Power frequency voltage-versus-time test	101
11.8.9	Tests of arrester disconnector	101
11.8.10	Short-circuit tests	101
11.8.11	Test of the bending moment	101
11.8.12	Environmental tests	102
11.8.13	Seal leak rate test	102
11.8.14	Radio interference voltage (RIV) test	102
11.8.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	102
11.8.16	Test of internal grading components	102
11.9	Routine tests	102
11.10	Test after erection on site	102
12	Separable and dead-front arresters	102
12.1	Scope	102
12.2	Normative references	103
12.3	Terms and definitions	103

12.4	Identification and classification	103
12.5	Standard ratings and service conditions	103
12.6	Requirements	103
12.7	General testing procedure	104
12.8	Type tests (design tests)	104
12.8.1	General	104
12.8.2	Insulation withstand tests	104
12.8.3	Residual voltage tests	106
12.8.4	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	106
12.8.5	Test to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	107
12.8.6	Heat dissipation behaviour of test sample	107
12.8.7	Operating duty tests	107
12.8.8	Power-frequency voltage versus time test	108
12.8.9	Tests of disconnector	108
12.8.10	Short-circuit test	108
12.8.11	Test of the bending moment	109
12.8.12	Environmental tests	109
12.8.13	Seal leak rate test	109
12.8.14	Radio interference voltage (RIV) test	109
12.8.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	110
12.8.16	Test of internal grading components	110
12.8.17	Internal partial discharge test	110
12.9	Routine tests and acceptance tests	110
13	Liquid-immersed arresters	110
13.1	Scope	110
13.2	Normative references	111
13.3	Terms and definitions	111
13.4	Identification and classification	111
13.5	Standard ratings and service conditions	111
13.6	Requirements	111
13.7	General testing procedure	112
13.8	Type tests (design tests)	112
13.8.1	General	112
13.8.2	Insulation withstand tests	112
13.8.3	Residual voltage tests	112
13.8.4	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	113
13.8.5	Test to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	113
13.8.6	Heat dissipation behaviour of test sample	114
13.8.7	Operating duty tests	114
13.8.8	Power frequency voltage-versus-time test	114
13.8.9	Tests of arrester disconnector	114
13.8.10	Short-circuit tests	114
13.8.11	Test of the bending moment	116
13.8.12	Environmental tests	116
13.8.13	Seal leak rate test	117
13.8.14	Radio interference voltage (RIV) test	117
13.8.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	117
13.8.16	Test of internal grading components	117

13.9	Routine tests and acceptance tests.....	117
Annex A	(normative) Abnormal service conditions.....	118
Annex B	(normative) Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section	119
Annex C	(normative) Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain housed multi-unit metal-oxide surge arresters.....	121
C.1	Glossary	121
C.1.1	Measured quantities	121
C.1.2	Calculated quantities	121
C.2	General.....	122
C.3	Classification of site severity.....	125
C.4	Preliminary heating test: measurement of the thermal time constant τ and calculation of β	125
C.5	Verification of the need to perform the pollution tests	126
C.6	General requirements for the pollution test.....	126
C.6.1	Test sample.....	126
C.6.2	Testing plant.....	127
C.6.3	Measuring devices and measuring procedures	127
C.6.4	Test preparation	129
C.7	Test procedures	129
C.7.1	Slurry method	129
C.7.2	Salt fog method	131
C.8	Evaluation of test results.....	132
C.8.1	Calculation of K_{ie}	132
C.8.2	Calculation of the expected temperature rise ΔT_z in service	133
C.8.3	Preparation for the operating duty test.....	133
C.9	Example.....	133
C.9.1	Preliminary heating test	134
C.9.2	Verification of the need to perform the pollution test	134
C.9.3	Salt fog tests	134
C.9.4	Calculation performed after five test cycles.....	135
C.9.5	Calculation performed after 10 test cycles	136
Annex D	(informative) Typical information given with enquiries and tenders.....	137
D.1	Information given with enquiry	137
D.1.1	System data	137
D.1.2	Service conditions	137
D.1.3	Arrester duty.....	137
D.1.4	Characteristics of arrester	138
D.1.5	Additional equipment and fittings	138
D.1.6	Any special abnormal conditions.....	138
D.2	Information given with tender	138
Annex E	(informative) Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures	139
Annex F	(informative) Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters	141
F.1	General.....	141
F.2	Modelling of the surge arrester	141
F.3	Modelling of the boundary conditions	142
F.4	Calculation procedure	142

F.4.1	Capacitive representation of the MO resistor column	142
F.4.2	Capacitive and resistive representation of the MO resistor column	143
F.4.3	Determination of U_{ct}	143
F.5	Example calculations	143
F.5.1	Modelling of the arrester and the boundary conditions	144
F.5.2	Resistive effects of the metal-oxide MO resistors	144
F.5.3	Results and conclusions from electric field calculations	144
Annex G (normative)	Mechanical considerations	149
G.1	Test of bending moment	149
G.2	Seismic test	150
G.3	Definition of mechanical loads	150
G.4	Definition of seal leak rate	151
G.5	Calculation of wind-bending-moment	152
G.6	Procedures of tests of bending moment for porcelain/cast resin and polymer-housed arresters	153
Annex H (normative)	Test procedure to determine the lightning impulse discharge capability	155
H.1	General	155
H.2	Selection of test samples	155
H.3	Test procedure	156
H.4	Test parameters for the lightning impulse discharge capability test	156
H.5	Measurements during the lightning impulse discharge capability test	156
H.6	Rated lightning impulse discharge capability	156
H.7	List of rated energy values	157
H.8	List of rated charge values	157
Annex I (normative)	Determination of the start temperature in tests including verification of thermal stability	158
Annex J (normative)	Determination of the average temperature of a multi-unit high-voltage arrester	159
Annex K (informative)	Example calculation of test parameters for the operating duty test (8.7) according to the requirements of 7.3	161
Annex L (informative)	Comparison of the old energy classification system based on line discharge classes and the new classification system based on thermal energy ratings for operating duty tests and repetitive charge transfer ratings for repetitive single event energies	162
Bibliography		168
Figure 1	– Illustration of power losses versus time during long term stability test	41
Figure 2	– Test procedure to verify the repetitive charge transfer rating, Q_{rs}	45
Figure 3	– Test procedure to verify the thermal energy rating, W_{th} , and the thermal charge transfer rating, Q_{th} , respectively	49
Figure 4	– Test procedure to verify the power frequency versus time characteristic (TOV test)	53
Figure 5	– Examples of arrester units	62
Figure 6	– Examples of fuse wire locations for “Design A” arresters	62
Figure 7	– Examples of fuse wire locations for “Design B” arresters	63
Figure 8	– Short-circuit test setup for porcelain-housed arresters	63
Figure 9	– Short-circuit test setup for polymer-housed arresters	82

Figure 10 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current	84
Figure 11 – Thermomechanical test	88
Figure 12 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load	89
Figure 13 – Water immersion	90
Figure 14 – Test set-up for insulation withstand test of unscreened separable arresters	105
Figure C.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample	124
Figure F.1 – Typical three-phase arrester installation.....	145
Figure F.2 – Simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester.....	146
Figure F.3 – Geometry of arrester model	147
Figure F.4 – Example of voltage-current characteristic of MO resistors at +20 °C in the leakage current region	148
Figure F.5 – Calculated voltage stress along the MO resistor column in case B	148
Figure G.1 – Bending moment – multi-unit surge arrester	149
Figure G.2 – Definition of mechanical loads	151
Figure G.3 – Surge arrester unit	152
Figure G.4 – Surge-arrester dimensions	153
Figure G.5 – Flow chart of bending moment test procedures.....	154
Figure J.1 – Determination of average temperature in case of arrester units of same rated voltages	160
Figure J.2 – Determination of average temperature in case of arrester units of different rated voltages	160
Figure L.1 – Specific energy in kJ per kV rating dependant on the ratio of switching impulse residual voltage (U_a) to the r.m.s. value of the rated voltage U_r of the arrester	163
Table 1 – Arrester classification.....	26
Table 2 – Preferred values of rated voltages	27
Table 3 – Arrester type tests	35
Table 4 – Requirements for high current impulses	50
Table 5 – Rated values of thermal charge transfer rating, Q_{th}	52
Table 6 – Test requirements for porcelain housed arresters	61
Table 7 – Required currents for short-circuit tests	65
Table 8 – Test requirements for polymer-housed arresters.....	81
Table 9 – 10 kA and 20 kA three-phase GIS-arresters – Required withstand voltages	96
Table 10 – 2,5 kA and 5 kA three – phase – GIS arresters – Required withstand voltages	97
Table 11 – Insulation withstand test voltages for unscreened separable arresters	105
Table 12 – Insulation withstand test voltages for dead-front arresters or separable arresters in a screened/shielded housing	106
Table 13 – Partial discharge test values for separable and dead-front arresters	110
Table C.1 – Mean external charge for different pollution severities	125
Table C.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test	127
Table C.3 – Requirements for the device used for the measurement of the charge	127

Table C.4 – Requirements for the device used for the measurement of the temperature	128
Table C.5 – Calculated values of $\Delta T_{Z \max}$ for the selected example	134
Table C.6 – Results of the salt fog test for the selected example	135
Table C.7 – Calculated values of ΔT_Z and of T_{OD} after 5 cycles for the selected example	136
Table C.8 – Calculated values of ΔT_Z and of T_{OD} after 10 cycles for the selected example	136
Table E.1 – Minimum demonstrated lifetime prediction.....	139
Table E.2 – Relationship between test durations at 115 °C and equivalent time at upper limit of ambient temperature.....	139
Table F.1 – Results from example calculations	145
Table L.1 – Peak currents for switching impulse residual voltage test	162
Table L.2 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters	163
Table L.3 – Comparison of the classification system according to IEC 60099-4:2009 (Ed.2.2) and to IEC 60099-4:2014 (Ed.3.0)	165

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60099-4:2014 (Ed.3.0)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SURGE ARRESTERS –

Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems

FOREWORD

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

International Standard 60099-4 has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

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

- A new concept of arrester classification and energy withstand testing was introduced: the line discharge classification was replaced by a classification based on repetitive charge transfer rating (Q_{rs}), as well as on thermal energy rating (W_{th}) and thermal charge transfer rating (Q_{th}), respectively. Requirements depend on the intended arrester application, being either a distribution class arrester (of $I_n = 2,5$ kA; 5 kA or 10 kA) or a station class arrester (of $I_n = 10$ kA or 20 kA). The new concept clearly differentiates between impulse and thermal energy handling capability, which is reflected in the requirements as well as in the related test procedures.
- Requirements and tests for UHV arresters (for highest system voltages $U_s > 800$ kV) were introduced.
- Power-frequency voltage versus time tests – with and without prior duty – were introduced as type tests.
- Requirements and tests on disconnectors were added.
- "Test series B: 5 000 h" was removed from the weather ageing test, thus following the new approach of IEC 62217.
- Former Annexes C, D, E, H, I and J were removed. New Annexes for determining the start temperature for tests on thermal stability, for determining the axial temperature distribution along tall arresters, for providing an example of how to determine energy requirements for the operating duty test and for comparing the new classification system with the former line discharge class system were introduced.
- Definitions for new terms have been added.
- All former items "under consideration" were resolved or removed.

Clauses 10 to 13 contain particular requirements for polymer-housed surge arresters, gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters), separable and dead-front arresters, and liquid-immersed arresters, respectively. These are indicated in the form of replacements, additions or amendments to the original clauses or subclauses concerned.

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

FDIS	Report on voting
37/416/FDIS	37/421/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 in the IEC 60099 series, published 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60099 4 ed 3.0:2014

INTRODUCTION

This part of IEC 60099 presents the minimum criteria for the requirements and testing of gapless metal-oxide surge arresters that are applied to a.c. power systems with U_s above 1 kV.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60099 4 ed 3.0:2014

SURGE ARRESTERS –

Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems

1 Scope

This part of IEC 60099 applies to non-linear metal-oxide resistor type surge arresters without spark gaps designed to limit voltage surges on a.c. power circuits with U_s above 1 kV.

2 Normative references

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

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

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

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

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

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

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

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

IEC 60507:2013, *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 TS 60815-2:2008, *Selection and dimensioning of high voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems*

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

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-203:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

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 lamps*

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

CISPR/TR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60099 4 ed 3.0:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	179
INTRODUCTION	182
1 Domaine d'application	183
2 Références normatives	183
3 Termes et définitions	184
4 Identification et classification	195
4.1 Identification des parafoudres	195
4.2 Classification des parafoudres	195
5 Caractéristiques assignées et conditions de service	196
5.1 Tensions assignées normalisées	196
5.2 Fréquences assignées normalisées	196
5.3 Valeurs normalisées du courant nominal de décharge	196
5.4 Conditions de service	196
5.4.1 Conditions normales de service	196
5.4.2 Conditions anormales de service	197
6 Exigences	197
6.1 Tenue diélectrique	197
6.2 Tension de référence	197
6.3 Tensions résiduelles	197
6.4 Décharges partielles internes	198
6.5 Taux de fuite	198
6.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes	198
6.7 Stabilité thermique	198
6.8 Stabilité à long terme sous une tension de régime permanent	198
6.9 Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai	199
6.10 Tenue au transfert de charges répétitives	199
6.11 Fonctionnement des parafoudres	199
6.12 Caractéristiques de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre	199
6.13 Comportement aux courants de court-circuit	199
6.14 Dispositif de déconnexion	200
6.14.1 Tenue du dispositif de déconnexion	200
6.14.2 Fonctionnement du dispositif de déconnexion	200
6.15 Exigences pour les éléments de répartition internes	200
6.16 Efforts mécaniques	200
6.16.1 Généralités	200
6.16.2 Moment de flexion	200
6.16.3 Résistance aux contraintes d'environnement	201
6.16.4 Embase isolante et console de montage	201
6.16.5 Valeur de l'effort moyen à la rupture (MBL)	201
6.16.6 Compatibilité électromagnétique	201
6.17 Fin de cycle	201
6.18 Capacité de décharge au choc de foudre	201
7 Conditions générales d'exécution des essais	201
7.1 Appareillage de mesure et précision	201

7.2	Mesures de la tension de référence	202
7.3	Échantillons pour essai	202
7.3.1	Généralités	202
7.3.2	Exigences pour les fractions de parafoudre	203
8	Essais de type (essais de conception)	204
8.1	Généralités	204
8.2	Essais de tenue diélectrique	205
8.2.1	Généralités	205
8.2.2	Essais sur les enveloppes des éléments individuels	206
8.2.3	Essais sur les assemblages de parafoudres complets	206
8.2.4	Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais	206
8.2.5	Modalités des essais sous pluie	206
8.2.6	Essai de tension de tenue au choc de foudre	207
8.2.7	Essai de tension de tenue au choc de manœuvre	207
8.2.8	Essai de tension de tenue à fréquence industrielle	208
8.3	Essais de tension résiduelle	208
8.3.1	Généralités	208
8.3.2	Essai de la tension résiduelle au choc de courant à front raide	209
8.3.3	Essai de la tension résiduelle au choc de foudre	209
8.3.4	Essai de la tension résiduelle au choc de manœuvre	210
8.4	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent	210
8.4.1	Généralités	210
8.4.2	Éléments de résistances MO soumis à des contraintes d'une valeur inférieure à U_{ref}	210
8.4.3	Procédure d'essai pour les éléments de résistances MO soumis à des contraintes d'une valeur supérieure ou égale à U_{ref}	212
8.5	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS}	215
8.5.1	Généralités	215
8.5.2	Procédure d'essai	215
8.5.3	Évaluation de l'essai	217
8.5.4	Valeurs assignées des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS}	217
8.6	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai	218
8.6.1	Généralités	218
8.6.2	Exigences pour les fractions de parafoudre	218
8.6.3	Procédure de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre	218
8.7	Essai de fonctionnement des parafoudres	218
8.7.1	Généralités	218
8.7.2	Procédure d'essai	219
8.7.3	Valeurs assignées d'énergie thermique et de charge, W_{th} et Q_{th}	222
8.8	Essai de tension à fréquence industrielle en fonction du temps	223
8.8.1	Généralités	223
8.8.2	Échantillons pour essai	224
8.8.3	Mesures initiales	224
8.8.4	Procédure d'essai	224
8.8.5	Évaluation de l'essai	225
8.9	Essais du dispositif de déconnexion des parafoudres	225

8.9.1	Généralités	225
8.9.2	Essai de tenue du parafoudre	226
8.9.3	Fonctionnement du dispositif de déconnexion	227
8.9.4	Essais mécaniques	228
8.9.5	Essai de cycles de températures et de pompage d'étanchéité	228
8.10	Essais de court-circuit	229
8.10.1	Généralités	229
8.10.2	Préparation des échantillons pour essai	229
8.10.3	Montage de l'échantillon pour essai	235
8.10.4	Essais de court-circuit à courants de forte amplitude	237
8.10.5	Essai de court-circuit à courants de faible amplitude	240
8.10.6	Évaluation des résultats d'essai	240
8.11	Essai de moment de flexion	241
8.11.1	Généralités	241
8.11.2	Vue d'ensemble	241
8.11.3	Préparation des échantillons	241
8.11.4	Procédure d'essai	241
8.11.5	Évaluation de l'essai	242
8.11.6	Essai sur embase isolante et console de montage	242
8.12	Essais d'environnement	242
8.12.1	Généralités	242
8.12.2	Préparation des échantillons	243
8.12.3	Procédure d'essai	243
8.12.4	Évaluation de l'essai	243
8.13	Essai de mesure du taux de fuite	243
8.13.1	Généralités	243
8.13.2	Préparation des échantillons	243
8.13.3	Procédure d'essai	244
8.13.4	Évaluation de l'essai	244
8.14	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)	244
8.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes	245
8.15.1	Généralités	245
8.15.2	Procédure d'essai	246
8.15.3	Évaluation de l'essai	246
8.16	Essai des éléments de répartition internes	246
8.16.1	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent	246
8.16.2	Essai cyclique thermique	247
9	Essais individuels de série et essais de réception	248
9.1	Essais individuels de série	248
9.2	Essais de réception	249
9.2.1	Essais de réception normaux	249
9.2.2	Essai spécial de stabilité thermique	250
10	Exigences d'essai pour les parafoudres à enveloppe synthétique	250
10.1	Domaine d'application	250
10.2	Références normatives	250
10.3	Termes et définitions	250
10.4	Identification et classification	250
10.5	Caractéristiques assignées normalisées et conditions de service	250

10.6	Exigences	251
10.7	Conditions générales d'exécution des essais	251
10.8	Essais de type (essais de conception)	251
10.8.1	Généralités	251
10.8.2	Essais de tenue diélectrique	252
10.8.3	Essais de tension résiduelle	252
10.8.4	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent.....	252
10.8.5	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS} ,	252
10.8.6	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai	252
10.8.7	Essais de fonctionnement des parafoudres	252
10.8.8	Essai de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps	253
10.8.9	Essais du dispositif de déconnexion des parafoudres	253
10.8.10	Essais de court-circuit	253
10.8.11	Essai de moment de flexion	259
10.8.12	Essais d'environnement.....	267
10.8.13	Essai de mesure du taux de fuite	267
10.8.14	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)	268
10.8.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes.....	268
10.8.16	Essai des éléments de répartition internes.....	268
10.8.17	Essai de vieillissement climatique.....	268
10.9	Essais individuels de série	269
11	Exigences d'essai pour les parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (parafoudres blindés).....	270
11.1	Domaine d'application.....	270
11.2	Références normatives	270
11.3	Termes et définitions	270
11.4	Identification et classification	270
11.5	Caractéristiques assignées normalisées et conditions de service.....	271
11.6	Exigences	271
11.6.1	Tensions de tenue	271
11.7	Conditions générales des procédures d'essai	274
11.8	Essais de type (essais de conception)	274
11.8.1	Généralités	274
11.8.2	Essais de tenue diélectrique	274
11.8.3	Essais de tension résiduelle	277
11.8.4	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent.....	277
11.8.5	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS} ,	277
11.8.6	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai	277
11.8.7	Essais de fonctionnement des parafoudres	277
11.8.8	Essai de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps.....	277
11.8.9	Essais du dispositif de déconnexion des parafoudres	277
11.8.10	Essais de court-circuit	278
11.8.11	Essai de moment de flexion	278
11.8.12	Essais d'environnement.....	278
11.8.13	Essai de mesure du taux de fuite	278
11.8.14	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)	278

11.8.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes.....	278
11.8.16	Essai des éléments de répartition internes.....	278
11.9	Essais individuels de série.....	278
11.10	Essais consécutifs à l'installation sur site.....	278
12	Parafoudres débroschables et parafoudres pour prise.....	279
12.1	Domaine d'application.....	279
12.2	Références normatives.....	279
12.3	Termes et définitions.....	279
12.4	Identification et classification.....	279
12.5	Caractéristiques assignées normalisées et conditions de service.....	279
12.6	Exigences.....	280
12.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	280
12.8	Essais de type (essais de conception).....	280
12.8.1	Généralités.....	280
12.8.2	Essais de tenue diélectrique.....	281
12.8.3	Essais de tension résiduelle.....	282
12.8.4	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent.....	282
12.8.5	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS}	283
12.8.6	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai.....	283
12.8.7	Essais de fonctionnement des parafoudres.....	283
12.8.8	Essai de tension à fréquence industrielle en fonction du temps.....	284
12.8.9	Essais du dispositif de déconnexion.....	284
12.8.10	Essai de court-circuit.....	284
12.8.11	Essai de moment de flexion.....	286
12.8.12	Essais d'environnement.....	286
12.8.13	Essai de mesure du taux de fuite.....	286
12.8.14	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV).....	286
12.8.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes.....	286
12.8.16	Essai des éléments de répartition internes.....	286
12.8.17	Essai de décharges partielles internes.....	286
12.9	Essais individuels de série et essais de réception.....	287
13	Parafoudres immergés.....	287
13.1	Domaine d'application.....	287
13.2	Références normatives.....	287
13.3	Termes et définitions.....	287
13.4	Identification et classification.....	287
13.5	Caractéristiques assignées normalisées et conditions de service.....	288
13.6	Exigences.....	288
13.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	288
13.8	Essais de type (essais de conception).....	288
13.8.1	Généralités.....	288
13.8.2	Essais de tenue diélectrique.....	289
13.8.3	Essais de tension résiduelle.....	289
13.8.4	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent.....	289
13.8.5	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS}	290
13.8.6	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai.....	290

13.8.7	Essais de fonctionnement des parafoudres	290
13.8.8	Essai de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps	291
13.8.9	Essais du dispositif de déconnexion des parafoudres	291
13.8.10	Essais de court-circuit	291
13.8.11	Essai de moment de flexion	294
13.8.12	Essais d'environnement	294
13.8.13	Essai de mesure du taux de fuite	294
13.8.14	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)	294
13.8.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes	294
13.8.16	Essai des éléments de répartition internes	294
13.9	Essais individuels de série et essais de réception	294
Annexe A (normative)	Conditions anormales de service	295
Annexe B (normative)	Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre	296
Annexe C (normative)	Essai sous pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments	298
C.1	Glossaire	298
C.1.1	Paramètres mesurés	298
C.1.2	Paramètres calculés	298
C.2	Généralités	299
C.3	Classification de la sévérité du site	302
C.4	Essai préliminaire d'échauffement: mesure de la constante de temps thermique τ et calcul de β	303
C.5	Vérification de la nécessité de réaliser les essais sous pollution	303
C.6	Exigences générales pour l'essai sous pollution	304
C.6.1	Échantillon pour essai	304
C.6.2	Installation d'essai	304
C.6.3	Appareils de mesure et procédures de mesure	304
C.6.4	Préparation de l'essai	306
C.7	Procédures d'essai	306
C.7.1	Méthode de pollution boueuse	306
C.7.2	Méthode du brouillard salin	308
C.8	Évaluation des résultats d'essai	309
C.8.1	Calcul de K_{ie}	309
C.8.2	Calcul de la montée en température en service ΔT_Z prévue	310
C.8.3	Préparation pour l'essai de fonctionnement des parafoudres	311
C.9	Exemple	311
C.9.1	Essai préliminaire d'échauffement	311
C.9.2	Vérification de la nécessité de réaliser l'essai sous pollution	311
C.9.3	Essais au brouillard salin	312
C.9.4	Calculs effectués après cinq cycles d'essai	313
C.9.5	Calculs effectués après 10 cycles d'essai	313
Annexe D (informative)	Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres	315
D.1	Renseignements fournis dans les appels d'offres	315
D.1.1	Caractéristiques du réseau	315
D.1.2	Conditions de service	315
D.1.3	Rôle du parafoudre	315

D.1.4	Caractéristiques du parafoudre.....	316
D.1.5	Matériels et installations supplémentaires.....	316
D.1.6	Conditions anormales particulières.....	316
D.2	Renseignements fournis dans les offres.....	316
Annexe E (informative) Procédure d'essai de vieillissement – Loi d'Arrhenius – Problèmes liés aux températures plus élevées.....		318
Annexe F (informative) Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique.....		320
F.1	Généralités.....	320
F.2	Modélisation du parafoudre.....	320
F.3	Modélisation des conditions aux limites.....	321
F.4	Procédure de calcul.....	321
F.4.1	Représentation capacitive de la colonne de résistances MO.....	322
F.4.2	Représentation capacitive et résistive de la colonne de résistances MO.....	322
F.4.3	Détermination de U_{ct}	322
F.5	Exemples de calcul.....	323
F.5.1	Modélisation du parafoudre et conditions aux limites.....	323
F.5.2	Effet résistif des résistances à oxyde métallique.....	323
F.5.3	Résultats et conclusions des calculs de champ électrique.....	323
Annexe G (normative) Considérations d'ordre mécanique.....		330
G.1	Essai de moment de flexion.....	330
G.2	Essai sismique.....	331
G.3	Définition des efforts mécaniques.....	331
G.4	Définition du taux de fuite.....	332
G.5	Calcul du moment de flexion dû au vent.....	333
G.6	Procédures des essais de moment de flexion pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine/résine moulée et les parafoudres à enveloppe synthétique.....	334
Annexe H (normative) Procédure d'essai pour déterminer la capacité de décharge au choc de foudre.....		337
H.1	Généralités.....	337
H.2	Choix des échantillons pour essai.....	337
H.3	Procédure d'essai.....	338
H.4	Paramètres de l'essai de capacité de décharge au choc de foudre.....	338
H.5	Mesures au cours de l'essai de capacité de décharge au choc de foudre.....	338
H.6	Capacité assignée de décharge au choc de foudre.....	338
H.7	Liste des valeurs assignées d'énergie.....	339
H.8	Liste des valeurs assignées de charge.....	339
Annexe I (normative) Détermination de la température initiale dans les essais incluant la vérification de la stabilité thermique.....		340
Annexe J (normative) Détermination de la température moyenne d'un parafoudre haute tension à plusieurs éléments.....		342
Annexe K (informative) Exemple de calcul des paramètres d'essai pour l'essai de fonctionnement des parafoudres (8.7) selon les exigences du (7.3).....		345
Annexe L (informative) Comparaison de l'ancien système de classification de l'énergie sur la base des classes de décharge de ligne, avec le nouveau système de classification sur la base des caractéristiques assignées d'énergie thermique pour les essais de fonctionnement des parafoudres et des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives pour les types d'énergie simple.....		346
Bibliographie.....		353

Figure 1 – Illustration de la puissance absorbée en fonction du temps pendant l'essai de stabilité à long terme.....	211
Figure 2 – Procédure d'essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, Q_{RS}	216
Figure 3 – Procédure d'essai de vérification des caractéristiques assignées d'énergie thermique, W_{th} , et des caractéristiques assignées de transfert de charges thermiques, Q_{th} , respectivement.....	220
Figure 4 – Procédure d'essai de vérification de la caractéristique de la fréquence industrielle en fonction du temps (essai TOV)	223
Figure 5 – Exemples d'éléments de parafoudres	234
Figure 6 – Exemples d'emplacements du fil fusible pour les parafoudres de "Conception A"	234
Figure 7 – Exemples d'emplacements du fil fusible pour les parafoudres de "Conception B"	235
Figure 8 – Montage d'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine.....	236
Figure 9 – Montage d'essai de court-circuit pour les parafoudres à enveloppe synthétique	256
Figure 10 – Exemple de circuit d'essai pour réappliquer le circuit prédégradé immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit.....	259
Figure 11 – Essai thermomécanique	263
Figure 12 – Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion	264
Figure 13 – Immersion dans l'eau	265
Figure 14 – Montage d'essai de tenue diélectrique des parafoudres débrochables non blindés.....	281
Figure C.1 – Logigramme montrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon pour essai	302
Figure F.1 – Installation triphasée type de parafoudres.....	325
Figure F.2 – Circuit équivalent simplifié multiétages d'un parafoudre	326
Figure F.3 – Géométrie du modèle de parafoudre	327
Figure F.4 – Exemple de caractéristique courant-tension des résistances MO à une température de +20 °C dans la région des courants de fuite	328
Figure F.5 – Répartition de la contrainte de tension calculée le long de la colonne de résistances MO dans le cas B.....	329
Figure G.1 – Moment de flexion pour un parafoudre à plusieurs éléments	330
Figure G.2 – Définition des efforts mécaniques.....	332
Figure G.3 – Élément de parafoudre	333
Figure G.4 – Dimensions du parafoudre.....	334
Figure G.5 – Logigramme des procédures d'essai de moment de flexion	336
Figure J.1 – Détermination de la température moyenne dans le cas d'éléments de parafoudre de mêmes tensions assignées	343
Figure J.2 – Détermination de la température moyenne dans le cas d'éléments de parafoudre de tensions assignées différentes	344
Figure L.1 – Énergie spécifique en kJ par kV de tension assignée en fonction du rapport de la tension résiduelle au choc de manœuvre (U_a) à la valeur efficace de la tension assignée U_r du parafoudre	348