



IEC 60099-5

Edition 3.0 2018-01

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Surge arresters –  
Part 5: Selection and application recommendations**

**Parafoudres –  
Partie 5: Recommandations pour le choix et l'utilisation**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.120.50; 29.240.10

ISBN 978-2-8322-9360-7

**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 .....	9
1 Scope .....	11
2 Normative references .....	11
3 Terms and definitions .....	12
4 General principles for the application of surge arresters .....	21
5 Surge arrester fundamentals and applications issues .....	22
5.1 Evolution of surge protection equipment .....	22
5.2 Different types and designs and their electrical and mechanical characteristics .....	23
5.2.1 General .....	23
5.2.2 Metal-oxide arresters without gaps according to IEC 60099-4 .....	24
5.2.3 Metal-oxide surge arresters with internal series gaps according to IEC 60099-6 .....	34
5.2.4 Externally gapped line arresters (EGLA) according to IEC 60099-8 .....	36
5.2.5 Application considerations .....	39
6 Insulation coordination and surge arrester applications .....	52
6.1 General .....	52
6.2 Insulation coordination overview .....	52
6.2.1 General .....	52
6.2.2 IEC insulation coordination procedure .....	52
6.2.3 Overvoltages .....	53
6.2.4 Line insulation coordination: Arrester Application Practices .....	59
6.2.5 Substation insulation coordination: Arrester application practices .....	64
6.2.6 Insulation coordination studies .....	68
6.3 Selection of arresters .....	69
6.3.1 General .....	69
6.3.2 General procedure for the selection of surge arresters .....	70
6.3.3 Selection of line surge arresters, LSA .....	84
6.3.4 Selection of arresters for cable protection .....	93
6.3.5 Selection of arresters for distribution systems – special attention .....	95
6.3.6 Application and coordination of disconnectors .....	96
6.3.7 Selection of UHV arresters .....	98
6.4 Standard and special service conditions .....	99
6.4.1 Standard service conditions .....	99
6.4.2 Special service conditions .....	99
7 Surge arresters for special applications .....	103
7.1 Surge arresters for transformer neutrals .....	103
7.1.1 General .....	103
7.1.2 Surge arresters for fully insulated transformer neutrals .....	103
7.1.3 Surge arresters for neutrals of transformers with non-uniform insulation .....	104
7.2 Surge arresters between phases .....	104
7.2.1 General .....	104
7.2.2 6-arrester arrangement .....	104
7.2.3 4-arrester (Neptune) arrangement .....	104
7.3 Surge arresters for rotating machines .....	105
7.4 Surge arresters in parallel .....	106

7.4.1	General .....	106
7.4.2	Combining different designs of arresters .....	107
7.5	Surge arresters for capacitor switching .....	107
7.6	Surge arresters for series capacitor banks .....	109
8	Asset management of surge arresters .....	110
8.1	General.....	110
8.2	Managing surge arresters in a power grid .....	110
8.2.1	Asset database.....	110
8.2.2	Technical specifications.....	110
8.2.3	Strategic spares .....	110
8.2.4	Transportation and storage.....	111
8.2.5	Commissioning .....	111
8.3	Maintenance .....	111
8.3.1	General .....	111
8.3.2	Polluted arrester housing.....	112
8.3.3	Coating of arrester housings.....	112
8.3.4	Inspection of disconnectors on surge arresters .....	112
8.3.5	Line surge arresters.....	112
8.4	Performance and diagnostic tools .....	112
8.5	End of life .....	113
8.5.1	General .....	113
8.5.2	GIS arresters.....	113
8.6	Disposal and recycling .....	113
Annex A (informative)	Determination of temporary overvoltages due to earth faults .....	114
Annex B (informative)	Current practice .....	118
Annex C (informative)	Arrester modelling techniques for studies involving insulation coordination and energy requirements .....	119
C.1	Arrester models for impulse simulations.....	119
C.2	Application to insulation coordination studies .....	120
C.3	Summary of proposed arrester models to be used for impulse applications.....	120
Annex D (informative)	Diagnostic indicators of metal-oxide surge arresters in service.....	122
D.1	General.....	122
D.1.1	Overview .....	122
D.1.2	Fault indicators.....	122
D.1.3	Disconnectors.....	122
D.1.4	Surge counters .....	122
D.1.5	Monitoring spark gaps .....	123
D.1.6	Temperature measurements .....	123
D.1.7	Leakage current measurements of gapless metal-oxide arresters .....	123
D.2	Measurement of the total leakage current .....	128
D.3	Measurement of the resistive leakage current or the power loss.....	129
D.3.1	General .....	129
D.3.2	Method A1 – Using the applied voltage signal as a reference .....	129
D.3.3	Method A2 – Compensating the capacitive component using a voltage signal .....	130
D.3.4	Method A3 – Compensating the capacitive component without using a voltage signal .....	131
D.3.5	Method A4 – Capacitive compensation by combining the leakage current of the three phases.....	131

D.3.6	Method B1 – Third order harmonic analysis .....	132
D.3.7	Method B2 – Third order harmonic analysis with compensation for harmonics in the voltage .....	132
D.3.8	Method B3 – First order harmonic analysis .....	133
D.3.9	Method C – Direct determination of the power losses .....	133
D.4	Leakage current information from the arrester manufacturer .....	133
D.5	Summary of diagnostic methods .....	135
Annex E (informative) Typical data needed from arrester manufacturers for proper selection of surge arresters.....		136
Annex F (informative) Typical maximum residual voltages for metal-oxide arresters without gaps according to IEC 60099-4.....		137
Annex G (informative) Steepness reduction of incoming surge with additional line terminal surge capacitance .....		138
G.1	General.....	138
G.2	Steepness reduction factor .....	138
G.3	Equivalent capacitance associated with incoming surge fronts .....	140
G.3.1	General .....	140
G.3.2	Examples of incoming surge steepness change, $f_S$ , using typical 550 kV & 245 kV circuit parameters .....	142
G.3.3	Change in coordination withstand voltage, $U_{CW}$ , with steepness reduction, $f_S$ : .....	142
G.4	EMTP & capacitor charging models for steepness change comparisons at line open terminal .....	142
G.5	Typical steepness ( $S_0= 1000$ kV/ $\mu$ s), change comparisons with $C_0$ & $C_S$ .....	144
G.6	Faster steepness (2000 kV/ $\mu$ s), change comparisons with $C_0$ & $C_S$ .....	146
Annex H (informative) Comparison of the former energy classification system based on line discharge classes and the present classification system based on thermal energy ratings for operating duty tests and repetitive charge transfer ratings for repetitive single event energies.....		149
H.1	General.....	149
H.2	Examples.....	152
Annex I (informative) Estimation of arrester cumulative charges and energies during line switching.....		157
I.1	Simplified method of estimating arrester line switching energies .....	157
I.1.1	Introduction .....	157
I.1.2	Simplified method calculation steps .....	158
I.1.3	Typical line surge impedances with bundled conductors .....	160
I.1.4	Prospective switching surge overvoltages.....	160
I.1.5	Use of IEC 60099-4:2009 to obtain values for surge impedance and prospective surge voltages .....	161
I.2	Example of charge and energy calculated using line discharge parameters.....	162
I.3	Arrester line switching energy examples .....	166
I.3.1	General .....	166
I.3.2	Case 1 – 145 kV .....	169
I.3.3	Case 2 – 242 kV .....	169
I.3.4	Case 3 – 362 kV .....	169
I.3.5	Case 4 – 420 kV .....	170
I.3.6	Case 5 – 550 kV .....	170
Annex J (informative) End of life and replacement of old gapped SiC-arresters.....		182
J.1	Overview.....	182

J.2	Design and operation of SiC-arresters .....	182
J.3	Failure causes and aging phenomena .....	182
J.3.1	General .....	182
J.3.2	Sealing problems .....	182
J.3.3	Equalization of internal and external pressure and atmosphere .....	183
J.3.4	Gap electrode erosion .....	183
J.3.5	Ageing of grading components.....	184
J.3.6	Changed system conditions .....	184
J.3.7	Increased pollution levels .....	184
J.4	Possibility to check the status of the arresters .....	184
J.5	Advantages of planning replacements ahead .....	184
J.5.1	General .....	184
J.5.2	Improved reliability .....	185
J.5.3	Cost advantages.....	185
J.5.4	Increased safety requirements.....	185
J.6	Replacement issues.....	185
J.6.1	General .....	185
J.6.2	Establishing replacement priority .....	185
J.6.3	Selection of MO arresters for replacement installations .....	186
	Bibliography.....	187

Figure 1	– Example of GIS arresters of three mechanical/one electrical column (middle) and one column (left) design and current path of the three mechanical/one electrical column design (right) .....	29
Figure 2	– Typical deadfront arrester .....	30
Figure 3	– Internally gapped metal-oxide surge arrester designs.....	35
Figure 4	– Components of an EGLA acc. to IEC 60099-8 .....	36
Figure 5	– Typical arrangement of a 420 kV arrester.....	41
Figure 6	– Examples of UHV and HV arresters with grading and corona rings.....	42
Figure 7	– Same type of arrester mounted on a pedestal (left), suspended from an earthed steel structure (middle) or suspended from a line conductor (right.....	43
Figure 8	– Installations without earth-mat (distribution systems) .....	44
Figure 9	– Installations with earth-mat (high-voltage substations) .....	45
Figure 10	– Definition of mechanical loads according to IEC 60099-4:2014.....	47
Figure 11	– Distribution arrester with disconnecter and insulating bracket.....	48
Figure 12	– Examples of good and poor connection principles for distribution arresters .....	50
Figure 13	– Typical voltages and duration example for differently earthed systems.....	54
Figure 14	– Typical phase-to-earth overvoltages encountered in power systems.....	56
Figure 15	– Arrester voltage-current characteristics .....	56
Figure 16	– Direct strike to a phase conductor with LSA .....	61
Figure 17	– Strike to a shield wire or tower with LSA .....	62
Figure 18	– Typical procedure for a surge arrester insulation coordination study .....	69
Figure 19	– Flow diagrams for standard selection of surge arrester .....	73
Figure 20	– Examples of arrester TOV capability .....	74
Figure 21	– Flow diagram for the selection of NGLA .....	87
Figure 22	– Flow diagram for the selection of EGLA.....	91

Figure 23 – Common neutral configurations .....	96
Figure 24 – Typical configurations for arresters connected phase-to-phase and phase-to-ground .....	105
Figure A.1 – Earth fault factor $k$ on a base of $X_0/X_1$ , for $R_1/X_1 = R_1 = 0$ .....	114
Figure A.2 – Relationship between $R_0/X_1$ and $X_0/X_1$ for constant values of earth fault factor $k$ where $R_1 = 0$ .....	115
Figure A.3 – Relationship between $R_0/X_1$ and $X_0/X_1$ for constant values of earth fault factor $k$ where $R_1 = 0,5 X_1$ .....	115
Figure A.4 – Relationship between $R_0/X_1$ and $X_0/X_1$ for constant values of earth fault factor $k$ where $R_1 = X_1$ .....	116
Figure A.5 – Relationship between $R_0/X_1$ and $X_0/X_1$ for constant values of earth fault factor $k$ where $R_1 = 2X_1$ .....	116
Figure C.1 – Schematic sketch of a typical arrester installation .....	119
Figure C.2 – Increase in residual voltage as function of virtual current front time .....	120
Figure C.3 – Arrester model for insulation coordination studies – fast- front overvoltages and preliminary calculation (Option 1) .....	121
Figure C.4 – Arrester model for insulation coordination studies – fast- front overvoltages and preliminary calculation (Option 2) .....	121
Figure C.5 – Arrester model for insulation coordination studies – slow-front overvoltages .....	121
Figure D.1 – Typical leakage current of a non-linear metal-oxide resistor in laboratory conditions .....	124
Figure D.2 – Typical leakage currents of arresters in service conditions .....	125
Figure D.3 – Typical voltage-current characteristics for non-linear metal-oxide resistors .....	126
Figure D.4 – Typical normalized voltage dependence at +20 °C .....	126
Figure D.5 – Typical normalized temperature dependence at $U_C$ .....	127
Figure D.6 – Influence on total leakage current by increase in resistive leakage current .....	128
Figure D.7 – Measured voltage and leakage current and calculated resistive and capacitive currents ( $V = 6,3$ kV r.m.s) .....	130
Figure D.8 – Remaining current after compensation by capacitive current at $U_C$ .....	131
Figure D.9 – Error in the evaluation of the leakage current third harmonic for different phase angles of system voltage third harmonic, considering various capacitances and voltage-current characteristics of non-linear metal-oxide resistors .....	132
Figure D.10 – Typical information for conversion to "standard" operating voltage conditions .....	134
Figure D.11 – Typical information for conversion to "standard" ambient temperature conditions .....	134
Figure G.1 – Surge voltage waveforms at various distances from strike location (0,0 km) due to corona .....	140
Figure G.2 – Case 1: EMTP Model: Thevenin equivalent source, line ( $Z,c$ ) & substation bus ( $Z,c$ ) & Cap( $C_S$ ) .....	143
Figure G.3 – Case 2: Capacitor Voltage charge via line $Z$ : $u(t) = 2 \times U_{\text{surge}} \times (1 - \exp[-t/(Z \times C)])$ .....	144
Figure G.4 – EMTP model .....	144
Figure G.5 – Simulated surge voltages at the line-substation bus interface .....	145
Figure G.6 – Simulated Surge Voltages at the Transformer .....	146

Figure G.7 – EMTP model.....	146
Figure G.8 – Simulated surge voltages at the line-substation bus interface .....	147
Figure G.9 – Simulated surge voltages at the transformer.....	148
Figure H.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 .....	150
Figure I.1 – Simple network used for Arrester Line Discharge Calculation and Testing according to IEC 60099-4:2009.....	157
Figure I.2 – Linearized arrester equation in the typical line switching current range (voltage values shown are for a 372 kV rated arrester used on a 420 kV system) .....	158
Figure I.3 – Graphical illustration of linearized line switching condition and arrester characteristic .....	160
Figure I.4 – Range of 2 % slow-front overvoltages at the receiving end due to line energization and re-energization.....	161
Figure I.5 – Arrester class 2 & 3 voltages calculated by EMTP calculations: $U_{ps2}$ and $U_{ps3}$ ( $V \times 10^5$ ) .....	164
Figure I.6 – Class 2 & 3 arrester currents calculated by EMTP studies: $I_{ps2}$ and $I_{ps3}$ (A) .....	164
Figure I.7 – Arrester Class 2 & 3 cumulative charges calculated by EMTP simulation: $Q_{rs2}$ and $Q_{rs3}$ (C).....	165
Figure I.8 – Arrester Class 2 & 3 cumulative absorbed energies calculated by EMTP simulation: $W_{s2}$ and $W_{s3}$ (kJ/kV $U_r$ ).....	165
Figure I.9 – Typical Line Reclosing Computer Simulation Network .....	166
Figure I.10 – Typical 550 kV Reclose Switching Overvoltage Profile along 480 km Line.....	167
Figure I.11 – IEC LD based charge transfer, $Q_{rs}$ with varying arrester protective ratios .....	168
Figure I.12 – IEC LD based switching energy, $W_{th}$ with varying arrester protective ratios .....	168
Figure I.13 – $U_{ps}$ for 145 kV system simulation ( $V \times 10^5$ ) .....	172
Figure I.14 – $I_{ps}$ for 145 kV system simulation (A) .....	172
Figure I.15 – 1 Cumulative charge ( $Q_{rs}$ ) for 145 kV system simulation (C).....	173
Figure I.16 – Cumulative energy ( $W_{th}$ ) for 145 kV system simulation (kJ/kV $U_r$ ) .....	173
Figure I.17 – $U_{ps}$ for 245 kV system simulation ( $V \times 10^5$ ) .....	174
Figure I.18 – $I_{ps}$ for 245 kV system simulation (A) .....	174
Figure I.19 – Cumulative charge ( $Q_{rs}$ ) for 245 kV system simulation (C).....	175
Figure I.20 – Cumulative energy ( $W_{th}$ ) for 245 kV system simulation (kJ/kV $U_r$ ) .....	175
Figure I.21 – $U_{ps}$ for 362 kV system simulation ( $V \times 10^5$ ) .....	176
Figure I.22 – $I_{ps}$ for 362 kV system simulation (A) .....	176
Figure I.23 – Cumulative charge ( $Q_{rs}$ ) for 362 kV system simulation (C).....	177
Figure I.24 – Cumulative energy ( $W_{th}$ ) for 362 kV system simulation (kJ/kV $U_r$ ) .....	177
Figure I.25 – $U_{ps}$ for 420 kV system simulation ( $V \times 10^5$ ) .....	178
Figure I.26 – $I_{ps}$ for 420 kV system simulation (A) .....	178
Figure I.27 – Cumulative charge ( $Q_{rs}$ ) for 420 kV system simulation (C).....	179

Figure I.28 – Cumulative energy ( $W_{th}$ ) for 420 kV system simulation (kJ/kV $U_r$ ) .....	179
Figure I.29 – $U_{ps}$ for 550 kV system simulation ( $V \times 10^5$ ) .....	180
Figure I.30 – $I_{ps}$ for 550 kV system simulation (A) .....	180
Figure I.31 – Cumulative charge ( $Q_{rs}$ ) for 550 kV system simulation (C) .....	181
Figure I.32 – Cumulative energy ( $W_{th}$ ) for 550 kV system simulation (kJ/kV $U_r$ ) .....	181
Figure J.1 – Internal SiC-arrester stack .....	183
Table 1 – Minimum mechanical requirements (for porcelain-housed arresters).....	46
Table 2 – Arrester classification .....	78
Table 3 – Definition of factor $A$ in formulas (14 and 15) for various overhead lines .....	82
Table 4 – Examples for protective zones calculated by formula (16) for open-air substations .....	83
Table 5 – Example of the condition for calculating lightning current duty of EGLA in 77 kV transmission lines .....	90
Table 6 – Probability of insulator flashover in Formula (18).....	93
Table D.1 – Summary of diagnostic methods .....	135
Table D.2 – Properties of on-site leakage current measurement methods .....	135
Table E.1 – Arrester data needed for the selection of surge arresters .....	136
Table F.1 – Residual voltages for 20 000 A and 10 000 A arresters in per unit of rated voltage.....	137
Table F.2 – Residual voltages for 5 000 A, and 2 500 A arresters in per unit of rated voltage.....	137
Table G.1 – $C_s$ impact on steepness ratio $f_s$ and steepness $S_n$ .....	141
Table G.2 – Change in coordination withstand voltage, $U_{CW}$ .....	142
Table H.1 – Peak currents for switching impulse residual voltage test.....	149
Table H.2 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters.....	150
Table H.3 – Comparison of the classification system according to IEC 60099-4:2009 and to IEC 6099-4 2014 .....	151
Table I.1 – Typical Arrester Switching ( $U_{ps}$ vs $I_{ps}$ ) Characteristics .....	158
Table I.2 – Typical line surge impedances ( $Z_s$ ) with single and bundled conductors .....	160
Table I.3 – Line Parameters Prescribed by IEC 60099-4:2009 Line Discharge Class Tests .....	161
Table I.4 – Line surge impedances and prospective surge voltages derived from line discharge tests parameters of IEC 60099-4:2009 for different system voltages and arrester ratings .....	162
Table I.5 – Comparison of energy and charge calculated by simplified method with values calculated by EMTP simulation – Base parameters from Table I.4, used for simplified method and for EMTP simulation.....	163
Table I.6 – Comparison of energy and charge calculated by simplified method with values calculated by EMTP simulation – Calculations using simplified method .....	163
Table I.7 – Comparison of energy and charge calculated by simplified method with values calculated by EMTP simulation – I.5.(c) Results from EMTP studies .....	163
Table I.8 – Results of calculations using the different methods described for different system voltages and arrester selection .....	171



## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**SURGE ARRESTERS –****Part 5: Selection and application recommendations****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 60099-5 has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition regarding the new surge arrester classification introduced in IEC 60099-4:2014:

- a) Expanded discussion of comparison between the old and new classification and how to calculate or estimate the corresponding charge for different stresses.
- b) New annexes dealing with:
  - Comparison between line discharge classes and charge classification
  - Estimation of arrester cumulative charges and energies during line switching

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

FDIS	Report on voting
37/437/FDIS	37/439/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 website 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.**

## **SURGE ARRESTERS –**

### **Part 5: Selection and application recommendations**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60099 provides information, guidance, and recommendations for the selection and application of surge arresters to be used in three-phase systems with nominal voltages above 1 kV. It applies to gapless metal-oxide surge arresters as defined in IEC 60099-4, to surge arresters containing both series and parallel gapped structure – rated 52 kV and less as defined in IEC 60099-6 and metal-oxide surge arresters with external series gap for overhead transmission and distribution lines (EGLA) as defined in IEC 60099-8. In Annex J, some aspects regarding the old type of SiC gapped arresters are discussed.

Surge arrester residual voltage is a major parameter to which most users have paid a lot of attention to when selecting the type and rating. Typical maximum residual voltages are given in Annex F. It is likely, however, that for some systems, or in some countries, the requirements on system reliability and design are sufficiently uniform, so that the recommendations of the present standard may lead to the definition of narrow ranges of arresters. The user of surge arresters will, in that case, not be required to apply the whole process introduced here to any new installation and the selection of characteristics resulting from prior practice may be continued.

Annexes H and I present comparisons and calculations between old line discharge classification and new charge classification.

#### **2 Normative references**

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

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*  
IEC 60071-1:2006/AMD1:2010

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

IEC TR 60071-4, *Insulation co-ordination – Part 4: Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks*

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

IEC 60099-4:2014, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60099-6:2002, *Surge arresters – Part 6: Surge arresters containing both series and parallel gapped structures – Rated 52 kV and less*

IEC 60099-8:2011, *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*

IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass 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 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	202
1 Domaine d'application .....	204
2 Références normatives .....	204
3 Termes et définitions .....	205
4 Principes généraux d'utilisation des parafoudres .....	216
5 Principes de base des parafoudres et questions liées à leur utilisation .....	217
5.1 Evolution des dispositifs de protection contre les surtensions .....	217
5.2 Différents types et modèles de parafoudres et leurs caractéristiques électriques et mécaniques .....	218
5.2.1 Généralités .....	218
5.2.2 Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur conformes à l'IEC 60099-4 ...	219
5.2.3 Parafoudres à oxyde métallique avec éclateurs intérieurs en série conformes à l'IEC 60099-6.....	232
5.2.4 Parafoudres de ligne avec éclateur extérieur (EGLA) conformes à l'IEC 60099-8.....	234
5.2.5 Considérations relatives à l'utilisation .....	238
6 Coordination de l'isolement et utilisations de parafoudres .....	253
6.1 Généralités .....	253
6.2 Présentation de la coordination de l'isolement .....	253
6.2.1 Généralités .....	253
6.2.2 Procédure IEC de coordination de l'isolement.....	254
6.2.3 Surtensions .....	254
6.2.4 Coordination de l'isolement des lignes: Méthodes d'utilisation des parafoudres .....	261
6.2.5 Coordination de l'isolement des postes: Méthodes d'utilisation des parafoudres .....	267
6.2.6 Etudes sur la coordination de l'isolement.....	272
6.3 Choix des parafoudres .....	274
6.3.1 Généralités .....	274
6.3.2 Procédure générale de choix des parafoudres .....	274
6.3.3 Choix des parafoudres de ligne (LSA).....	290
6.3.4 Choix des parafoudres pour la protection des câbles .....	300
6.3.5 Choix des parafoudres pour les réseaux de distribution – attention particulière .....	302
6.3.6 Utilisation et coordination des déconnecteurs .....	304
6.3.7 Choix des parafoudres THT .....	306
6.4 Conditions normales et spécifiques de service .....	308
6.4.1 Conditions normales de services .....	308
6.4.2 Conditions spécifiques de service .....	308
7 Parafoudres destinés à des utilisations spéciales .....	312
7.1 Parafoudres pour neutres de transformateurs .....	312
7.1.1 Généralités .....	312
7.1.2 Parafoudres pour neutres de transformateurs à pleine isolation.....	312
7.1.3 Parafoudres pour neutres de transformateurs à isolation non uniforme .....	313
7.2 Parafoudres entre phases .....	313
7.2.1 Généralités .....	313
7.2.2 Montage à six parafoudres .....	314

7.2.3	Montage à quatre parafoudres (Neptune).....	314
7.3	Parafoudres pour machines tournantes .....	315
7.4	Parafoudres en parallèle .....	316
7.4.1	Généralités .....	316
7.4.2	Combinaison de différentes conceptions de parafoudres .....	318
7.5	Parafoudres pour manœuvre des condensateurs .....	318
7.6	Parafoudres pour batteries de condensateurs en série.....	320
8	Gestion des biens associés aux parafoudres .....	321
8.1	Généralités .....	321
8.2	Gestion des parafoudres dans un réseau électrique.....	321
8.2.1	Base de données des biens .....	321
8.2.2	Spécifications techniques .....	321
8.2.3	Pièces de rechange stratégiques .....	321
8.2.4	Transport et stockage .....	322
8.2.5	Mise en service .....	322
8.3	Maintenance .....	322
8.3.1	Généralités .....	322
8.3.2	Enveloppe de parafoudre polluée .....	323
8.3.3	Revêtement des enveloppes de parafoudres .....	324
8.3.4	Inspection des déconnecteurs installés sur les parafoudres.....	324
8.3.5	Parafoudres de ligne .....	324
8.4	Performances et outils de diagnostic.....	324
8.5	Fin de vie.....	324
8.5.1	Généralités .....	324
8.5.2	Parafoudres GIS.....	325
8.6	Mise au rebut et recyclage .....	325
Annexe A (informative) Détermination des surtensions temporaires dues aux défauts à la terre.....		326
Annexe B (informative) Pratique courante.....		330
Annexe C (informative) Techniques de modélisation des parafoudres pour études portant sur la coordination de l'isolement et les exigences énergétiques.....		331
C.1	Modèles de parafoudres pour simulations de chocs .....	331
C.2	Application aux études portant sur la coordination de l'isolement .....	332
C.3	Synthèse des propositions de modèles de parafoudres à utiliser pour les applications de choc .....	333
Annexe D (informative) Indicateurs de diagnostic de parafoudres à oxyde métallique sous tension .....		334
D.1	Généralités .....	334
D.1.1	Vue d'ensemble .....	334
D.1.2	Indicateurs de défaut .....	334
D.1.3	Déconnecteurs .....	334
D.1.4	Compteurs de décharges .....	335
D.1.5	Eclateurs de surveillance.....	335
D.1.6	Mesures des températures .....	335
D.1.7	Mesures du courant de fuite des parafoudres à oxyde métallique sans éclateur .....	335
D.2	Mesure du courant de fuite total.....	341
D.3	Mesure du courant de fuite résistif ou des pertes actives .....	342
D.3.1	Généralités .....	342

D.3.2	Méthode A1 – Utilisation du signal de tension utilisé comme référence.....	342
D.3.3	Méthode A2 – Compensation de la composante capacitive par utilisation d'un signal de tension .....	344
D.3.4	Méthode A3 – Compensation de la composante capacitive sans utiliser de signal de tension.....	345
D.3.5	Méthode A4 – Compensation capacitive en combinant le courant de fuite des trois phases.....	345
D.3.6	Méthode B1 – Analyse du troisième harmonique.....	346
D.3.7	Méthode B2 – Analyse du troisième harmonique avec compensation des harmoniques de la tension .....	347
D.3.8	Méthode B3 – Analyse de l'harmonique de premier ordre .....	347
D.3.9	Méthode C – Détermination directe des pertes actives.....	347
D.4	Informations sur le courant de fuite fournies par le fabricant du parafoudre.....	347
D.5	Récapitulatif des méthodes de diagnostic .....	349
Annexe E (informative) Données types nécessairement fournies par les fabricants pour le choix approprié des parafoudres .....		351
Annexe F (informative) Tensions résiduelles maximales types pour les parafoudres à oxyde métallique sans éclateur conformément à l'IEC 60099-4 .....		352
Annexe G (informative) Réduction de la raideur de l'onde incidente avec capacité supplémentaire d'onde aux bornes de ligne .....		353
G.1	Généralités .....	353
G.2	Facteur de réduction de la raideur .....	353
G.3	Capacité équivalente associée aux fronts d'onde incidente .....	355
G.3.1	Généralités .....	355
G.3.2	Exemples de modification de la raideur de l'onde incidente, $f_s$ , en utilisant des paramètres de circuit 550 kV et 245 kV types.....	357
G.3.3	Variation de la tension de tenue de coordination, $U_{CW}$ , avec la réduction de raideur, $f_s$ : .....	358
G.4	Modèles EMTP & de charge des condensateurs pour les comparaisons de variation de la raideur à la borne ouverte de ligne.....	358
G.5	Raideur type ( $S_0= 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$ ), comparaisons des variations avec $C_0$ et $C_S$ .....	359
G.6	Raideur plus rapide (2000 kV/ $\mu\text{s}$ ), comparaisons des variations avec $C_0$ et $C_S$ .....	361
Annexe H (informative) Comparaison de l'ancien système de classification de l'énergie qui repose sur les classes de décharge de ligne avec le système de classification actuel qui repose sur les caractéristiques assignées d'énergie thermique pour les essais de fonctionnement et sur les caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives pour les énergies répétitives d'un seul événement .....		364
H.1	Généralités .....	364
H.2	Exemples .....	367
Annexe I (informative) Estimation des charges et des énergies cumulées des parafoudres lors d'une manœuvre de ligne .....		372
I.1	Méthode simplifiée d'estimation des énergies de manœuvre de ligne d'un parafoudre .....	372
I.1.1	Introduction .....	372
I.1.2	Étapes de calcul de la méthode simplifiée .....	374
I.1.3	Impédances d'onde types d'une ligne avec conducteurs en faisceau .....	375
I.1.4	Surtensions présumées de choc de manœuvre .....	376
I.1.5	Utilisation de l'IEC 60099-4:2009 pour obtenir des valeurs d'impédances d'onde et de surtensions présumées .....	377

I.2	Exemple de charge et d'énergie calculées à l'aide des paramètres de décharge de ligne .....	378
I.3	Exemples d'énergie de manœuvre de ligne d'un parafoudre.....	382
I.3.1	Généralités .....	382
I.3.2	Cas 1: 145 kV .....	386
I.3.3	Cas 2: 242 kV .....	387
I.3.4	Cas 3: 362 kV .....	387
I.3.5	Cas 4: 420 kV .....	387
I.3.6	Cas 5: 550 kV .....	388
Annexe J (informative)	Fin de vie et remplacement des anciens parafoudres SiC avec éclateur .....	406
J.1	Vue d'ensemble .....	406
J.2	Conception et fonctionnement des parafoudres SiC .....	406
J.3	Causes de défaillance et phénomènes de vieillissement .....	406
J.3.1	Généralités .....	406
J.3.2	Problèmes d'étanchéité .....	407
J.3.3	Egalisation des pressions interne et externe et de l'atmosphère .....	407
J.3.4	Erosion des électrodes des éclateurs .....	407
J.3.5	Vieillessement des éléments de répartition .....	408
J.3.6	Modification des conditions de réseau .....	408
J.3.7	Augmentation des niveaux de pollution .....	408
J.4	Possibilité de vérification de l'état des parafoudres .....	408
J.5	Avantages d'une planification des remplacements à long terme .....	409
J.5.1	Généralités .....	409
J.5.2	Meilleure fiabilité .....	409
J.5.3	Avantages financiers .....	409
J.5.4	Exigences de sécurité renforcée .....	410
J.6	Questions liées au remplacement .....	410
J.6.1	Généralités .....	410
J.6.2	Etablissement d'une priorité de remplacement .....	410
J.6.3	Choix des parafoudres à oxyde métallique pour les installations de remplacement.....	411
Bibliographie.....		412

Figure 1	– Exemple de parafoudres GIS de type trois colonnes mécaniques/ une colonne électrique (milieu) et une colonne (gauche) et trajet de courant du modèle à trois colonnes mécaniques/une colonne électrique (droite) .....	226
Figure 2	– Parafoudre pour prise type .....	227
Figure 3	– Modèles de parafoudre à oxyde métallique avec éclateur intérieur .....	233
Figure 4	– Composants d'un EGLA conformément à l'IEC 60099-8 .....	235
Figure 5	– Montage type d'un parafoudre de 420 kV .....	240
Figure 6	– Exemples de parafoudres THT et HT avec anneaux de garde et anneaux couronne .....	241
Figure 7	– Même type de parafoudre monté sur un socle (gauche), suspendu à une structure en acier mise à la terre (milieu) ou suspendu à un conducteur de ligne (droite).....	242
Figure 8	– Installations sans mât de mise à la terre (réseaux de distribution).....	244
Figure 9	– Installations avec mât de mise à la terre (postes haute tension).....	244
Figure 10	– Définition des charges mécaniques conformément à l'IEC 60099-4:2014 .....	247



Figure 11 – Parafoudre de distribution avec déconnecteur et potence d'isolation .....	248
Figure 12 – Exemples de principes de connexion appropriés et inappropriés des parafoudres de distribution .....	250
Figure 13 – Tensions types et exemple de durée pour des réseaux mis à la terre de différentes manières .....	256
Figure 14 – Surtensions types entre phase et terre observées dans les réseaux de puissance .....	257
Figure 15 – Caractéristiques tension-courant des parafoudres .....	258
Figure 16 – Choc de foudre direct sur un conducteur de phase avec parafoudre de ligne .....	263
Figure 17 – Choc de foudre sur un câble de garde ou un pylône avec parafoudre de ligne .....	264
Figure 18 – Procédure type d'une étude sur la coordination de l'isolement des parafoudres .....	273
Figure 19 – Organigrammes pour le choix normal de parafoudres .....	277
Figure 20 – Exemples de capacité TOV d'un parafoudre .....	279
Figure 21 – Organigramme pour le choix des parafoudres de ligne sans éclateur .....	294
Figure 22 – Organigramme pour le choix des parafoudres de ligne avec éclateur extérieur .....	298
Figure 23 – Configurations courantes du neutre .....	304
Figure 24 – Configurations types pour les parafoudres entre phases et les parafoudres phase-terre .....	315
Figure A.1 – Facteur de défaut à la terre $k$ en fonction de $X_0/X_1$ , pour $R_1/X_1 = R_1 = 0$ .....	327
Figure A.2 – Relation entre $R_0/X_1$ et $X_0/X_1$ pour des valeurs constantes du facteur de défaut à la terre $k$ lorsque $R_1 = 0$ .....	327
Figure A.3 – Relation entre $R_0/X_1$ et $X_0/X_1$ pour des valeurs constantes du facteur de défaut à la terre $k$ lorsque $R_1 = 0,5 X_1$ .....	328
Figure A.4 – Relation entre $R_0/X_1$ et $X_0/X_1$ pour des valeurs constantes du facteur de défaut à la terre $k$ lorsque $R_1 = X_1$ .....	328
Figure A.5 – Relation entre $R_0/X_1$ et $X_0/X_1$ pour des valeurs constantes du facteur de défaut à la terre $k$ lorsque $R_1 = 2 X_1$ .....	329
Figure C.1 – Croquis schématique d'une installation de parafoudre type .....	331
Figure C.2 – Augmentation de la tension résiduelle en fonction de la durée conventionnelle du front du courant .....	332
Figure C.3 – Modèle de parafoudre pour les études portant sur la coordination de l'isolement – surtensions à front rapide et calcul préliminaire (option 1) .....	333
Figure C.4 – Modèle de parafoudre pour les études portant sur la coordination de l'isolement – surtensions à front rapide et calcul préliminaire (option 2) .....	333
Figure C.5 – Modèle de parafoudre pour les études portant sur la coordination de l'isolement – surtensions à front lent .....	333
Figure D.1 – Courant de fuite type d'une résistance variable à oxyde métallique dans des conditions de laboratoire .....	337
Figure D.2 – Courants de fuite types des parafoudres dans des conditions de service .....	337
Figure D.3 – Caractéristiques tension-courant types de résistances variables à oxyde métallique .....	338
Figure D.4 – Dépendance à la tension normalisée type à une température de +20 °C .....	339
Figure D.5 – Dépendance à la température normalisée type à la tension $U_C$ .....	340

Figure D.6 – Influence de l'augmentation du courant de fuite résistif sur le courant de fuite total .....	341
Figure D.7 – Mesure de la tension et du courant de fuite, et calcul des courants résistif et capacitif ( $V = 6,3$ kV efficace) .....	344
Figure D.8 – Courant résiduel après compensation par courant capacitif à la tension $U_C$ ....	345
Figure D.9 – Erreur d'évaluation du troisième harmonique du courant de fuite pour les différents angles de phase du troisième harmonique de tension du réseau, compte tenu des différentes capacités et caractéristiques de tension-courant des résistances variables à oxyde métallique .....	346
Figure D.10 – Informations types pour la conversion dans des conditions "normales" de tension de régime .....	348
Figure D.11 – Informations types pour la conversion dans des conditions "normales" de température ambiante .....	349
Figure G.1 – Formes d'ondes des surtensions à différentes distances de l'emplacement des chocs de foudre (0,0 km) dues à l'effet couronne .....	355
Figure G.2 – Cas 1: Modèle EMTP: Source équivalente Thevenin, ligne ( $Z, c$ ) et bus de poste ( $Z, c$ ) et cond. ( $C_S$ ) .....	359
Figure G.3 – Cas 2: Charge de tension du ou des condensateurs par la ligne $Z$ : $u(t) = 2 \times U_{\text{onde}} \times (1 - \exp[-t/(Z \times C)])$ .....	359
Figure G.4 – Modèle EMTP .....	360
Figure G.5 – Simulation des surtensions à l'interface de bus ligne-poste .....	360
Figure G.6 – Simulation des surtensions au transformateur .....	361
Figure G.7 – Modèle EMTP .....	361
Figure G.8 – Simulation des surtensions à l'interface de bus ligne-poste .....	362
Figure G.9 – Simulation des surtensions au transformateur .....	363
Figure H.1 – Energie 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 .....	366
Figure I.1 – Réseau simple utilisé pour le calcul et les essais de décharge de ligne du parafoudre selon l'IEC 60099-4:2009 .....	373
Figure I.2 – Equation linéarisée d'un parafoudre dans la plage de courants de manœuvre de ligne type (les valeurs de tension indiquées concernent un parafoudre assigné à 372 kV utilisé sur un réseau de 420 kV) .....	373
Figure I.3 – Représentation graphique de l'état linéarisé de la manœuvre de ligne et de la caractéristique du parafoudre .....	375
Figure I.4 – Plage de surtensions à front lent de 2 % à l'extrémité réceptrice dues à la mise ou à la remise sous tension d'une ligne .....	377
Figure I.5 – Tensions calculées par simulations EMTP de parafoudres de classes 2 et 3: $U_{ps2}$ et $U_{ps3}$ ( $V \times 10^5$ ) .....	380
Figure I.6 – Courants calculés par simulations EMTP de parafoudres de classes 2 et 3: $I_{ps2}$ et $I_{ps3}$ (A) .....	380
Figure I.7 – Charges cumulées calculées par simulations EMTP de parafoudres de classes 2 et 3: $Q_{rs2}$ et $Q_{rs3}$ (C) .....	381
Figure I.8 – Energies absorbées cumulées calculées par simulations EMTP de parafoudres de classes 2 et 3: $W_{s2}$ et $W_{s3}$ (kJ/kV $U_r$ ) .....	381
Figure I.9 – Réseau de simulations informatisées de réenclenchements de ligne types .....	383
Figure I.10 – Profil type de surtension de manœuvre de réenclenchement de 550 kV le long d'une ligne de 480 km .....	384

Figure I.11 – Transfert de charges $Q_{rs}$ établi sur la décharge de ligne IEC avec différents rapports de protection de parafoudre.....	385
Figure I.12 – Energie de manœuvre $W_{th}$ établie sur la décharge de ligne IEC avec différents rapports de protection de parafoudre.....	386
Figure I.13 – Simulation de la tension $U_{ps}$ sur un réseau de 145 kV ( $V \times 10^5$ ).....	390
Figure I.14 – Simulation du courant $I_{ps}$ sur un réseau de 145 kV (A).....	390
Figure I.15 – Simulation de la charge cumulée ( $Q_{rs}$ ) sur un réseau de 145 kV (C).....	391
Figure I.16 – Simulation de l'énergie cumulée ( $W_{th}$ ) sur un réseau de 145 kV (kJ/kV $U_r$ ) ....	392
Figure I.17 – Simulation de la tension $U_{ps}$ sur un réseau de 245 kV ( $V \times 10^5$ ).....	393
Figure I.18 – Simulation du courant $I_{ps}$ sur un réseau de 245 kV (A).....	393
Figure I.19 – Simulation de la charge cumulée ( $Q_{rs}$ ) sur un réseau de 245 kV (C).....	394
Figure I.20 – Simulation de l'énergie cumulée ( $W_{th}$ ) sur un réseau de 245 kV (kJ/kV $U_r$ ) ....	395
Figure I.21 – Simulation de la tension $U_{ps}$ sur un réseau de 362 kV ( $V \times 10^5$ ).....	396
Figure I.22 – Simulation du courant $I_{ps}$ sur un réseau de 362 kV (A).....	396
Figure I.23 – Simulation de la charge cumulée ( $Q_{rs}$ ) sur un réseau de 362 kV (C).....	397
Figure I.24 – Simulation de l'énergie cumulée ( $W_{th}$ ) sur un réseau de 362 kV (kJ/kV $U_r$ ) ....	398
Figure I.25 – Simulation de la tension $U_{ps}$ sur un réseau de 420 kV ( $V \times 10^5$ ).....	399
Figure I.26 – Simulation du courant $I_{ps}$ sur un réseau de 420 kV (A).....	400
Figure I.27 – Simulation de la charge cumulée ( $Q_{rs}$ ) sur un réseau de 420 kV (C).....	401
Figure I.28 – Simulation de l'énergie cumulée ( $W_{th}$ ) sur un réseau de 420 kV (kJ/kV $U_r$ ) ....	401
Figure I.29 – Simulation de la tension $U_{ps}$ sur un réseau de 550 kV ( $V \times 10^5$ ).....	402
Figure I.30 – Simulation du courant $I_{ps}$ sur un réseau de 550 kV (A).....	403
Figure I.31 – Simulation de la charge cumulée ( $Q_{rs}$ ) sur un réseau de 550 kV (C).....	404
Figure I.32 – Simulation de l'énergie cumulée ( $W_{th}$ ) sur un réseau de 550 kV (kJ/kV $U_r$ ) ....	405
Figure J.1 – Colonne interne de parafoudres SiC.....	407
Tableau 1 – Exigences mécaniques minimales (pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine).....	246
Tableau 2 – Classification des parafoudres.....	283
Tableau 3 – Définition du facteur $A$ des formules (14 et 15) pour différentes lignes aériennes.....	288
Tableau 4 – Exemples pour les zones de protection calculées par la formule (16) pour des postes ouverts.....	289
Tableau 5 – Exemple des conditions de calcul du service de courant de foudre des parafoudres de ligne avec éclateur extérieur sur des lignes de transmission avec une tension de 77 kV.....	297
Tableau 6 – Probabilité de contournement de l'isolateur dans la formule (18).....	300
Tableau D.1 – Récapitulatif des méthodes de diagnostic.....	349
Tableau D.2 – Propriétés des méthodes de mesure sur site du courant de fuite.....	350
Tableau E.1 – Données relatives aux parafoudres nécessaires pour le choix des parafoudres.....	351

Tableau F.1 – Tensions résiduelles pour des parafoudres de 20 000 A et 10 000 A par unité de tension assignée .....	352
Tableau F.2 – Tensions résiduelles pour des parafoudres de 5 000 A et 2 500 A par unité de tension assignée .....	352
Tableau G.1 – Influence de $C_S$ sur le rapport de raideur $f_S$ et la raideur $S_n$ .....	357
Tableau G.2 – Variation de la tension de tenue de coordination $U_{CW}$ .....	358
Tableau H.1 – Valeurs de crête des courants pour l'essai de tension résiduelle au choc de manœuvre .....	364
Tableau H.2 – Paramètres pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres de 20 000 A et 10 000 A .....	365
Tableau H.3 – Comparaison du système de classification selon l'IEC 60099-4:2009 et l'IEC 60099-4 2014 .....	366
Tableau I.1 – Caractéristiques types de manœuvre ( $U_{ps}$ par rapport à $I_{ps}$ ) d'un parafoudre .....	374
Tableau I.2 – Impédances d'onde de ligne types ( $Z_S$ ) avec un seul conducteur ou des conducteurs en faisceau .....	376
Tableau I.3 – Paramètres de ligne prescrits par les essais de classe de décharge de ligne de l'IEC 60099-4:2009 .....	377
Tableau I.4 – Impédances d'onde de ligne et surtensions présumées issues des paramètres des essais de décharge de ligne de l'IEC 60099-4:2009 pour différentes tensions du réseau et caractéristiques assignées des parafoudres .....	378
Tableau I.5 – Comparaison de l'énergie et de la charge calculées par la méthode simplifiée avec les valeurs calculées par simulation EMTP – Paramètres de base issus du Tableau I.4, utilisés dans la méthode simplifiée et la simulation EMTP .....	379
Tableau I.6 – Comparaison de l'énergie et de la charge calculées par la méthode simplifiée avec les valeurs calculées par simulation EMTP – Calculs à l'aide de la méthode simplifiée .....	379
Tableau I.7 – Comparaison de l'énergie et de la charge calculées par la méthode simplifiée avec les valeurs calculées par simulation EMTP – Résultats I.5.(c) provenant d'études EMTP .....	379
Tableau I.8 – Résultats des calculs à l'aide des différentes méthodes décrites pour les différentes tensions de réseau et les différents choix des parafoudres .....	389

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

## PARAFONDRES –

### Partie 5: Recommandations pour le choix et l'utilisation

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60099-5 a été établie par le comité d'études 37 de l'IEC: Parafoudres.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente, qui concernent la nouvelle classification des parafoudres introduite dans l'IEC 60099-4:2014:

- a) comparaison détaillée entre l'ancienne et la nouvelle classification, et présentation détaillée de la méthode de calcul ou d'estimation de la charge correspondante pour les différentes contraintes;

b) nouvelles annexes portant sur:

- la comparaison entre les classes de décharge de ligne et la classification des charges;
- l'estimation des charges et des énergies cumulées des parafoudres lors d'une manœuvre de ligne.

La présente version bilingue (2021-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2018-01.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60099, publiées sous le titre général *Parafoudres*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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.**

## PARAFOUDRES –

### Partie 5: Recommandations pour le choix et l'utilisation

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60099 comporte des informations et des recommandations pour le choix et l'utilisation des parafoudres à utiliser sur des réseaux triphasés de tensions nominales supérieures à 1 kV. Elle concerne les parafoudres à oxyde métallique sans éclateur définis dans l'IEC 60099-4, les parafoudres qui contiennent des structures avec éclateur en série et en parallèle, de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV, tels que définis dans l'IEC 60099-6, et les parafoudres à oxyde métallique à éclateur extérieur en série pour les lignes aériennes de transmission ou de distribution (EGLA) tels que définis dans l'IEC 60099-8. L'Annexe J traite de quelques aspects concernant les anciens parafoudres au carbure de silicium (SiC) avec éclateur.

La tension résiduelle des parafoudres représente un paramètre essentiel dont la plupart des utilisateurs tiennent dûment compte lors du choix du type et des caractéristiques assignées d'un parafoudre. Les tensions résiduelles maximales types sont données à l'Annexe F. Il est probable, cependant, que pour certains réseaux, ou pour certains pays, les exigences de fiabilité et de conception des réseaux soient assez uniformes pour que les recommandations de la présente norme puissent se traduire par la définition de plages limitées de parafoudres. L'utilisateur de parafoudres n'est alors pas tenu de reprendre pour chaque nouvelle installation toute la démarche exposée dans le présent document et le choix des caractéristiques relevant de la pratique antérieure peut perdurer.

Les Annexes H et I comparent l'ancienne classification de décharge de ligne et la nouvelle classification des charges, et présentent les méthodes de calculs.

#### 2 Références normatives

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

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*  
IEC 60071-1:2006/AMD1:2010

IEC 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

IEC TR 60071-4, *Insulation coordination – Part 4: Computational guide to insulation coordination and modelling of electrical networks* (disponible en anglais seulement)

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

IEC 60099-4:2014, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif*

IEC 60099-6:2002, *Surge arresters – Part 6: Surge arresters containing both series and parallel gapped structures – Rated 52 kV and less* (disponible en anglais seulement)

IEC 60099-8:2011, *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*

IEC 60507, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs haute tension en céramique et en verre destinés aux réseaux à courant alternatif*

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* (disponible en anglais seulement)

IEC 62271-200, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-203, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*