

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Surge arresters –  
Part 9: Metal-oxide surge arresters without gaps for HVDC converter stations**

**Parafoudres –  
Partie 9: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour postes de  
conversion CCHT**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XD**  
CODE PRIX

---

ICS 29.120.50; 29.240.10

ISBN 978-2-8322-1644-6

**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.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	10
4 Typical HVDC converter station schemes, arrester types, locations and operating voltage .....	19
5 Identification and classification .....	24
5.1 Arrester identification .....	24
5.2 Arrester classification .....	25
6 Service conditions .....	25
6.1 Normal service conditions .....	25
6.2 Abnormal service conditions .....	25
7 Requirements .....	26
7.1 Insulation withstand of the arrester housing .....	26
7.2 Reference voltage.....	26
7.3 Residual voltage .....	26
7.4 Internal partial discharge .....	27
7.5 Seal leak rate.....	27
7.6 Current distribution in a multi-column arrester and between matched arresters .....	27
7.7 Long term stability under continuous operating voltage .....	27
7.8 Repetitive charge transfer withstand .....	27
7.9 Thermal energy capability .....	27
7.10 Short-circuit performance.....	28
7.11 Requirements on internal grading components.....	28
7.12 Mechanical loads .....	28
7.12.1 General .....	28
7.12.2 Bending moment.....	28
7.12.3 Resistance against environmental stresses .....	28
7.12.4 Insulating base .....	28
7.12.5 Mean value of breaking load (MBL).....	29
7.13 Electromagnetic compatibility.....	29
7.14 End of life .....	29
8 General testing procedure .....	29
8.1 Measuring equipment and accuracy.....	29
8.2 Reference voltage measurements .....	29
8.3 Test samples .....	29
8.3.1 General .....	29
8.3.2 Arrester section requirements.....	30
9 Type tests (design tests) .....	31
9.1 General.....	31
9.2 Insulation withstand test on the arrester housing.....	32
9.2.1 General .....	32
9.2.2 Tests on individual unit housings .....	32
9.2.3 Tests on complete arrester housing assemblies.....	32

9.2.4	Ambient air conditions during tests .....	32
9.2.5	Wet test procedure .....	33
9.2.6	Lightning impulse voltage test.....	33
9.2.7	Switching impulse voltage test.....	33
9.2.8	Power-frequency voltage test.....	34
9.3	Short-circuit tests.....	34
9.4	Internal partial discharge tests .....	35
9.5	Test of the bending moment.....	36
9.5.1	Test on porcelain-housed arresters.....	36
9.5.2	Test on polymer-housed arresters .....	37
9.6	Environmental tests .....	43
9.6.1	General .....	43
9.6.2	Overview .....	43
9.6.3	Sample preparation .....	44
9.6.4	Test procedure .....	44
9.6.5	Test evaluation .....	44
9.7	Weather ageing test.....	44
9.7.1	General .....	44
9.7.2	Test specimens .....	44
9.7.3	Test procedure .....	44
9.7.4	Evaluation of the test.....	45
9.8	Seal leak rate test.....	46
9.8.1	General .....	46
9.8.2	Overview .....	46
9.8.3	Sample preparation .....	46
9.8.4	Test procedure .....	46
9.8.5	Test evaluation .....	46
9.9	Radio interference voltage (RIV) test .....	46
9.10	Residual voltage test .....	48
9.10.1	General .....	48
9.10.2	Steep current impulse residual voltage test.....	49
9.10.3	Lightning impulse residual voltage test .....	49
9.10.4	Switching impulse residual voltage test.....	50
9.11	Test to verify long term stability under continuous operating voltage .....	50
9.11.1	General .....	50
9.11.2	Test procedure for arresters subjected to voltage reversal.....	51
9.11.3	Test procedure for arresters not subjected to voltage reversal .....	53
9.12	Test to verify the repetitive charge transfer rating, $Q_{RS}$ .....	54
9.12.1	General .....	54
9.12.2	Test procedure .....	55
9.12.3	Test evaluation .....	55
9.12.4	Rated values of repetitive charge transfer rating, $Q_{RS}$ .....	56
9.13	Heat dissipation behaviour of test sample .....	56
9.13.1	General .....	56
9.13.2	Arrester section requirements.....	56
9.13.3	Procedure to verify thermal equivalency between arrester and arrester section.....	56
9.14	Test to verify the thermal energy rating, $W_{th}$ .....	57
9.14.1	General .....	57

9.14.2	Arrester section requirements	57
9.14.3	Test procedure	57
9.15	Test to verify the dielectric withstand of internal components	58
9.15.1	General	58
9.15.2	Test procedure	59
9.15.3	Test evaluation	59
9.16	Test of internal grading components	59
9.16.1	Test to verify long term stability under continuous operating voltage	59
9.16.2	Thermal cyclic test	60
10	Routine tests and acceptance test	61
10.1	Routine tests	61
10.2	Acceptance tests	62
10.2.1	Standard acceptance tests	62
10.2.2	Special thermal stability test	62
11	Test requirements on different types of arresters	62
11.1	General	62
11.2	Valve arrester (V)	62
11.2.1	General	62
11.2.2	Continuous operating voltage	62
11.2.3	Equivalent continuous operating voltage	63
11.2.4	Type tests	64
11.2.5	Routine and acceptance tests	65
11.3	Bridge arrester and HV and LV converter unit arresters (B, CH, CL)	65
11.3.1	Continuous operating voltage	65
11.3.2	Equivalent continuous operating voltage	66
11.3.3	Type tests	66
11.3.4	Routine and acceptance tests	66
11.4	Converter unit arrester (C)	66
11.4.1	General	66
11.4.2	Continuous operating voltage	66
11.4.3	Equivalent continuous operating voltage	66
11.4.4	Type tests	67
11.4.5	Routine and acceptance tests	67
11.5	Mid-point d.c. bus arrester, mid-point bridge arresters and arrester between converters (M, MH, ML, CM)	67
11.5.1	Continuous operating voltage	67
11.5.2	Equivalent continuous operating voltage	67
11.5.3	Type tests	68
11.5.4	Routine and acceptance tests	68
11.6	Converter unit d.c. bus arrester (CB)	68
11.6.1	Continuous operating voltage	68
11.6.2	Equivalent continuous operating voltage	68
11.6.3	Type tests	69
11.6.4	Routine and acceptance tests	69
11.7	DC bus and d.c. line/cable arrester (DB, DL/DC)	69
11.7.1	General	69
11.7.2	Continuous operating voltage	69
11.7.3	Equivalent continuous operating voltage	69
11.7.4	Type tests	69

11.7.5	Routine and acceptance tests .....	70
11.8	Neutral bus arresters (EB, E1, E) .....	71
11.8.1	Continuous operating voltage .....	71
11.8.2	Equivalent continuous operating voltage .....	71
11.8.3	Type tests.....	71
11.8.4	Routine and acceptance tests.....	72
11.9	DC and AC filter arresters (FA, FD).....	72
11.9.1	Continuous operating voltage .....	72
11.9.2	Equivalent continuous operating voltage .....	72
11.9.3	Type tests.....	74
11.9.4	Routine and acceptance tests.....	74
11.10	Electrode line and metallic return arresters (EL, EM) .....	74
11.10.1	Continuous operating voltage .....	74
11.10.2	Equivalent continuous operating voltage .....	74
11.10.3	Type tests.....	74
11.10.4	Routine and acceptance tests.....	74
11.11	Smoothing reactor arrester (DR) .....	74
11.11.1	General .....	74
11.11.2	Continuous operating voltage .....	74
11.11.3	Equivalent continuous operating voltage.....	74
11.11.4	Type tests.....	74
11.11.5	Routine and acceptance tests.....	74
11.12	Capacitor arrester (CC).....	75
11.12.1	General .....	75
11.12.2	Continuous operating voltage .....	75
11.12.3	Equivalent continuous operating voltage .....	75
11.12.4	Type tests.....	75
11.12.5	Routine and acceptance tests.....	75
11.13	Transformer valve winding arrester (T).....	75
11.13.1	General .....	75
11.13.2	Continuous operating voltage .....	76
11.13.3	Equivalent continuous operating voltage.....	76
11.13.4	Type tests.....	76
11.13.5	Routine and acceptance tests.....	76
Annex A (normative) Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section .....		77
Annex B (normative) Determination of the start temperature in the thermal recovery test .....		79
Annex C (normative) Mechanical considerations .....		80
C.1	Test of bending moment.....	80
C.2	Seismic test .....	81
C.3	Definition of mechanical loads .....	81
C.4	Definition of seal leak rate .....	83
C.5	Calculation of wind-bending-moment.....	83
C.6	Procedures of tests of bending moment for porcelain and polymer-housed arresters .....	84
Annex D (informative) Different circuit configurations .....		86
Bibliography.....		88

Figure 1 – Single line diagram of typical converter station with two 12-pulse converter bridges per pole.....	20
Figure 2 – Single line diagram of typical converter station with one 12-pulse converter bridge per pole.....	21
Figure 3 – Single line diagram of typical capacitor commutated converter (CCC) pole with two 12-pulse converters in series.....	22
Figure 4 – Typical continuous operating voltages for different arresters – low-frequency modelling (location as per Figures 1 to 3, fundamental frequency 50 Hz).....	23
Figure 5 – Typical continuous operating voltages for different arresters – high-frequency modelling (location as per Figures 1 to 3, fundamental frequency 50 Hz).....	24
Figure 6 – Thermomechanical test .....	40
Figure 7 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load .....	41
Figure 8 – Water immersion .....	42
Figure 9 – Test cycle for accelerated ageing test with polarity reversals, method a).....	52
Figure 10 – Operating voltage of a valve arrester (V) (rectifier operation) and definition of PCOV and CCOV .....	63
Figure 11 – Operating voltage of a bridge arrester and definition of DCOV, PCOV and CCOV .....	65
Figure 12 – Plot showing the relative duration of voltage above certain amplitudes.....	73
Figure C.1 – Bending moment – multi-unit surge arrester.....	80
Figure C.2 – Definitions of mechanical loads .....	82
Figure C.3 – Surge arrester unit.....	83
Figure C.4 – Surge-arrester dimensions.....	84
Figure C.5 – Flow chart of bending moment test procedures .....	85
Figure D.1 – Single line diagram of CSCC converter station with two 12-pulse converters in series .....	86
Figure D.2 – Single line diagram of back-to-back converter station with two 12-pulse converters in series .....	87
Table 1 – Summary of type tests – 1 .....	64
Table 2 – Summary of type tests – 2 .....	71

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SURGE ARRESTERS –****Part 9: Metal-oxide surge arresters without  
gaps for HVDC converter stations**

## 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 60099-9 has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

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

FDIS	Report on voting
37/417/FDIS	37/422/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.**



## **SURGE ARRESTERS –**

### **Part 9: Metal-oxide surge arresters without gaps for HVDC converter stations**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60099 applies to non-linear metal-oxide resistor type surge arresters without spark gaps designed to limit overvoltages in HVDC converter stations of two terminal, multiterminal and back-to-back type up to and including an operating voltage of 1 100 kV. The standard applies in general to porcelain-housed and polymer-housed type arresters but also to gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters) solely used as d.c. bus and d.c. line/cable arresters. Arresters for voltage source converters are not covered. Arresters applied on the a.c. systems at the converter station and subjected to power-frequency voltage of 50 or 60 Hz principally without harmonics are tested as per IEC 60099-4. The arresters on a.c.-filters are tested according to this standard.

#### **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: Tests. Test Ka: Salt mist*

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

IEC 60068-2-17, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

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

IEC TS 60071-5:2002, *Insulation co-ordination – Part 5: Procedures for high-voltage direct current (HVDC) converter stations*

IEC 60099-4:2004, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60143-2, *Series capacitors for power systems – Part 2: Protective equipment for series capacitor banks*

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

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

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

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

IEC 62271-200:2011, *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 62271-203:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

CISPR 16-1-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

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*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	95
1 Domaine d'application .....	97
2 Références normatives .....	97
3 Termes et définitions .....	98
4 Configurations de postes de conversion CCHT typiques, et types, emplacements et tension de régime de parafoudres.....	108
5 Identification et classification .....	114
5.1 Identification des parafoudres .....	114
5.2 Classification des parafoudres .....	114
6 Conditions de service .....	114
6.1 Conditions normales de service .....	114
6.2 Conditions anormales de service .....	115
7 Exigences.....	115
7.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre .....	115
7.2 Tension de référence .....	116
7.3 Tension résiduelle.....	116
7.4 Décharge partielle interne .....	117
7.5 Taux de fuite de l'étanchéité .....	117
7.6 Répartition du courant dans un parafoudre à plusieurs colonnes et entre des parafoudres adaptés .....	117
7.7 Stabilité à long terme sous une tension de régime permanent.....	117
7.8 Tenue au transfert de charges répétitives .....	117
7.9 Capacité d'énergie thermique.....	117
7.10 Comportement aux courants de court-circuit .....	117
7.11 Exigences pour les éléments de répartition internes .....	118
7.12 Efforts mécaniques .....	118
7.12.1 Généralités .....	118
7.12.2 Moment de flexion .....	118
7.12.3 Résistance aux contraintes d'environnement .....	118
7.12.4 Embase isolante .....	118
7.12.5 Valeur de l'effort moyen à la rupture (MBL).....	119
7.13 Compatibilité électromagnétique .....	119
7.14 Fin de cycle .....	119
8 Conditions générales d'exécution des essais .....	119
8.1 Appareillage de mesure et précision .....	119
8.2 Mesures de la tension de référence .....	119
8.3 Échantillons pour essai .....	119
8.3.1 Généralités .....	119
8.3.2 Exigences pour les fractions de parafoudre .....	120
9 Essais de type (essais de conception) .....	122
9.1 Généralités .....	122
9.2 Essais de tenue diélectrique de l'enveloppe des parafoudres.....	122
9.2.1 Généralités .....	122
9.2.2 Essais sur les enveloppes d'un élément individuel .....	123
9.2.3 Essais sur l'assemblage des enveloppes du parafoudre complet .....	123

9.2.4	Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais .....	123
9.2.5	Modalités des essais sous pluie .....	123
9.2.6	Essai de tension de tenue au choc de foudre .....	123
9.2.7	Essai de tension de tenue au choc de manœuvre .....	124
9.2.8	Essai de tension de tenue à fréquence industrielle .....	124
9.3	Essais de court-circuit .....	125
9.4	Essais de décharge partielle interne .....	126
9.5	Essai de moment de flexion .....	126
9.5.1	Essai sur des parafoudres à enveloppe en porcelaine .....	126
9.5.2	Essai sur les parafoudres à enveloppe synthétique .....	128
9.6	Essais d'environnement .....	135
9.6.1	Généralités .....	135
9.6.2	Présentation générale .....	135
9.6.3	Préparation des échantillons .....	136
9.6.4	Procédure d'essai .....	136
9.6.5	Évaluation de l'essai .....	136
9.7	Essai de vieillissement climatique .....	136
9.7.1	Généralités .....	136
9.7.2	Éprouvettes .....	136
9.7.3	Procédure d'essai .....	136
9.7.4	Évaluation de l'essai .....	137
9.8	Essai de mesure du taux de fuite .....	138
9.8.1	Généralités .....	138
9.8.2	Présentation générale .....	138
9.8.3	Préparation des échantillons .....	138
9.8.4	Procédure d'essai .....	138
9.8.5	Évaluation de l'essai .....	138
9.9	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV) .....	138
9.10	Essai de tension résiduelle .....	141
9.10.1	Généralités .....	141
9.10.2	Essai de la tension résiduelle au choc de courant à front raide .....	141
9.10.3	Essai de la tension résiduelle au choc de foudre .....	142
9.10.4	Essai de la tension résiduelle au choc de manœuvre .....	142
9.11	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent .....	142
9.11.1	Généralités .....	142
9.11.2	Procédure d'essai pour les parafoudres soumis à une inversion de la tension .....	143
9.11.3	Procédure d'essai pour les parafoudres non soumis à une inversion de la tension .....	146
9.12	Essai de vérification des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, $Q_{RS}$ .....	147
9.12.1	Généralités .....	147
9.12.2	Procédure d'essai .....	148
9.12.3	Évaluation de l'essai .....	149
9.12.4	Valeurs assignées des caractéristiques assignées de transfert de charges répétitives, $Q_{RS}$ .....	149
9.13	Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon pour essai .....	150
9.13.1	Généralités .....	150
9.13.2	Exigences pour les fractions de parafoudre .....	150

9.13.3	Procédure de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre et une fraction de parafoudre .....	150
9.14	Essai de vérification des caractéristiques assignées d'énergie thermique, $W_{th}$ .....	150
9.14.1	Généralités .....	150
9.14.2	Exigences pour les fractions de parafoudre .....	150
9.14.3	Procédure d'essai .....	151
9.15	Essai de vérification de la tenue diélectrique des composants internes .....	152
9.15.1	Généralités .....	152
9.15.2	Procédure d'essai .....	152
9.15.3	Évaluation de l'essai .....	153
9.16	Essai des éléments de répartition internes .....	153
9.16.1	Essai de vérification de la stabilité à long terme sous une tension de régime permanent .....	153
9.16.2	Essai cyclique thermique .....	154
10	Essais individuels de série et essai de réception .....	155
10.1	Essais individuels de série .....	155
10.2	Essais de réception .....	156
10.2.1	Essais de réception normaux .....	156
10.2.2	Essai spécial de stabilité thermique .....	156
11	Exigences d'essai concernant les différents types de parafoudres .....	156
11.1	Généralités .....	156
11.2	Parafoudre de valve (V) .....	156
11.2.1	Généralités .....	156
11.2.2	Tension de régime permanent .....	157
11.2.3	Tension de régime permanent équivalente .....	157
11.2.4	Essais de type .....	158
11.2.5	Essais individuels de série et essais de réception .....	159
11.3	Parafoudre à pont et parafoudres de convertisseur HT et BT (B, CH, CL) .....	159
11.3.1	Tension de régime permanent .....	159
11.3.2	Tension de régime permanent équivalente .....	160
11.3.3	Essais de type .....	161
11.3.4	Essais individuels de série et essais de réception .....	161
11.4	Parafoudre de convertisseur (C) .....	161
11.4.1	Généralités .....	161
11.4.2	Tension de régime permanent .....	161
11.4.3	Tension de régime permanent équivalente .....	161
11.4.4	Essais de type .....	162
11.4.5	Essais individuels de série et essais de réception .....	162
11.5	Parafoudre de bus c.c. médian, parafoudres à pont médian et parafoudre entre convertisseurs (M, MH, ML, CM) .....	162
11.5.1	Tension de régime permanent .....	162
11.5.2	Tension de régime permanent équivalente .....	162
11.5.3	Essais de type .....	163
11.5.4	Essais individuels de série et essais de réception .....	163
11.6	Parafoudre de bus c.c. de convertisseur (CB) .....	163
11.6.1	Tension de régime permanent .....	163
11.6.2	Tension de régime permanent équivalente .....	163
11.6.3	Essais de type .....	163
11.6.4	Essais individuels de série et essais de réception .....	164

11.7	Parafoudre de bus c.c. et parafoudre de ligne/câble c.c. (DB, DL/DC).....	164
11.7.1	Généralités .....	164
11.7.2	Tension de régime permanent .....	164
11.7.3	Tension de régime permanent équivalente.....	164
11.7.4	Essais de type .....	164
11.7.5	Essais individuels de série et essais de réception.....	166
11.8	Parafoudres de bus neutre (EB, E1, E) .....	166
11.8.1	Tension de régime permanent .....	166
11.8.2	Tension de régime permanent équivalente.....	166
11.8.3	Essais de type .....	166
11.8.4	Essais individuels de série et essais de réception.....	167
11.9	Parafoudres de filtres c.c. et c.a. (FA, FD) .....	168
11.9.1	Tension de régime permanent .....	168
11.9.2	Tension de régime permanent équivalente.....	168
11.9.3	Essais de type .....	169
11.9.4	Essais individuels de série et essais de réception.....	169
11.10	Parafoudres de ligne d'électrodes et de retour métallique (EL, EM) .....	170
11.10.1	Tension de régime permanent .....	170
11.10.2	Tension de régime permanent équivalente.....	170
11.10.3	Essais de type .....	170
11.10.4	Essais individuels de série et essais de réception.....	170
11.11	Parafoudre d'inductance de lissage (DR) .....	170
11.11.1	Généralités .....	170
11.11.2	Tension de régime permanent .....	170
11.11.3	Tension de régime permanent équivalente.....	170
11.11.4	Essais de type .....	170
11.11.5	Essais individuels de série et essais de réception.....	170
11.12	Parafoudre de condensateur (CC).....	170
11.12.1	Généralités .....	170
11.12.2	Tension de régime permanent .....	171
11.12.3	Tension de régime permanent équivalente.....	171
11.12.4	Essais de type .....	171
11.12.5	Essais individuels de série et essais de réception.....	171
11.13	Parafoudre d'enroulement de valve de transformateur (T).....	171
11.13.1	Généralités .....	171
11.13.2	Tension de régime permanent .....	172
11.13.3	Tension de régime permanent équivalente.....	172
11.13.4	Essais de type .....	172
11.13.5	Essais individuels de série et essais de réception.....	172
Annexe A (normative) Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre .....		173
Annexe B (normative) Détermination de la température de départ dans l'essai de récupération thermique .....		175
Annexe C (normative) Considérations d'ordre mécanique .....		176
C.1	Essai de moment de flexion .....	176
C.2	Essai sismique.....	177
C.3	Définition des efforts mécaniques .....	177
C.4	Définition du taux de fuite .....	178
C.5	Calcul du moment de flexion dû au vent.....	180

C.6	Procédures des essais de moment de flexion pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine et les parafoudres à enveloppe synthétique .....	181
Annexe D (informative)	Différentes configurations de circuits .....	183
	Bibliographie .....	185
Figure 1	– Schéma unifilaire d'un poste de conversion type avec deux ponts de conversion à 12 impulsions par pôle .....	109
Figure 2	– Schéma unifilaire d'un poste de conversion type avec un pont de conversion à 12 impulsions par pôle .....	110
Figure 3	– Schéma unifilaire de pôle de convertisseur commuté par condensateur (CCC – capacitor commutated converter) type avec deux convertisseurs à 12 impulsions en série .....	111
Figure 4	– Tensions de régime permanent typiques pour différents parafoudres – modélisation à basse fréquence (emplacement selon Figures 1 à 3, fréquence fondamentale de 50 Hz) .....	113
Figure 5	– Tensions de régime permanent typiques pour différents parafoudres – modélisation à haute fréquence (emplacement selon Figures 1 à 3, fréquence fondamentale de 50 Hz) .....	114
Figure 6	– Essai thermomécanique .....	131
Figure 7	– Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion .....	132
Figure 8	– Immersion dans l'eau .....	134
Figure 9	– Cycle d'essai pour l'essai de vieillissement accéléré avec inversions de la polarité, méthode a) .....	145
Figure 10	– Tension de régime d'un parafoudre de valve (V) (redressement) et définition des tensions PCOV et CCOV .....	157
Figure 11	– Tension de régime d'un parafoudre à pont et définition des tensions DCOV, PCOV et CCOV .....	160
Figure 12	– Tracé illustrant la durée relative de la tension au-dessus de certaines amplitudes .....	169
Figure C.1	– Moment de flexion pour un parafoudre à plusieurs éléments .....	176
Figure C.2	– Définitions des efforts mécaniques .....	178
Figure C.3	– Élément de parafoudre .....	179
Figure C.4	– Dimensions du parafoudre .....	180
Figure C.5	– Logigramme des procédures des essais de moment de flexion .....	182
Figure D.1	– Schéma unifilaire d'un poste de conversion CSCC avec deux convertisseurs à 12 impulsions en série .....	183
Figure D.2	– Schéma unifilaire de postes de conversion dos-à-dos avec deux convertisseurs à 12 impulsions en série .....	184
Tableau 1	– Synthèse des essais de type – 1 .....	158
Tableau 2	– Synthèse des essais de type – 2 .....	167

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### PARAFONDRES –

#### Partie 9: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour postes de conversion CCHT

#### 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. À 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 60099-9 a été établie par le comité d'études 37 de l'IEC: Parafoudres.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37/417/FDIS	37/422/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/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. À 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 9: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour postes de conversion CCHT

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60099 s'applique aux parafoudres à résistance variable à oxyde métallique sans éclateur conçus pour limiter les surtensions dans les postes de conversion CCHT de types bi pôles, multi pôles et dos à dos, jusqu'à et y compris une tension de régime de 1 100 kV. La norme s'applique généralement aux parafoudres à enveloppe en porcelaine et à enveloppe synthétique, mais également aux parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (parafoudres blindés ou parafoudres GIS) utilisés seulement comme parafoudres de bus c.c. et comme parafoudres de câble/ligne c.c. Les parafoudres pour convertisseurs de source de tension ne sont pas couverts. Les parafoudres appliqués sur les réseaux à courant alternatif au poste de conversion et soumis à une tension à fréquence industrielle de 50 Hz ou 60 Hz principalement sans harmonique sont soumis à essai selon l'IEC 60099-4. Les parafoudres sur les filtres c.a. sont soumis à essai selon la présente norme.

#### 2 Références normatives

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

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

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

IEC 60068-2-11:1981, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

IEC 60068-2-17, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique - Partie 2-17: Essais - Essai Q: Etanchéité*

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

IEC TS 60071-5:2002, *Insulation co-ordination – Part 5: Procedures for high-voltage direct current (HVDC) converter stations*

IEC 60099-4:2004, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

IEC 60143-2, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux - Partie 2: Matériel de protection pour les batteries de condensateurs série*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60721-3-2, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

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

IEC 62217, *Isolateurs polymériques à haute tension pour utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur – Définitions générales, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

IEC 62271-200:2011, *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 62271-203:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

CISPR 16-1-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

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* (disponible en anglais seulement)