



IEC 60099-4

Edition 2.2 2009-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Parafoudres –
Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CR

ICS 29.240.10; 29.120.50

ISBN 2-8318-1034-4

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms and definitions.....	11
4 Identification and classification.....	19
4.1 Arrester identification.....	19
4.2 Arrester classification.....	19
5 Standard ratings and service conditions.....	19
5.1 Standard rated voltages.....	19
5.2 Standard rated frequencies.....	20
5.3 Standard nominal discharge currents.....	20
5.4 Service conditions.....	20
6 Requirements.....	21
6.1 Insulation withstand of the arrester housing.....	21
6.2 Reference voltage.....	21
6.3 Residual voltages.....	21
6.4 Internal partial discharges.....	21
6.5 Seal leak rate.....	21
6.6 Current distribution in a multi-column arrester.....	22
6.7 Thermal stability.....	22
6.8 Long-duration current impulse withstand.....	22
6.9 Operating duty.....	22
6.10 Power-frequency voltage versus time characteristics of an arrester.....	25
6.11 Short-circuit.....	25
6.12 Disconnecter.....	25
6.13 Requirements for auxiliary equipment such as grading components.....	25
6.14 Mechanical loads.....	25
6.15 Electromagnetic compatibility.....	26
6.16 End of life.....	26
6.17 Lightning impulse discharge capability.....	26
7 General testing procedure.....	26
7.1 Measuring equipment and accuracy.....	26
7.2 Reference voltage measurements.....	27
7.3 Test samples.....	27
8 Type tests (design tests).....	27
8.1 General.....	27
8.2 Insulation withstand tests on the arrester housing.....	29
8.3 Residual voltage tests.....	30
8.4 Long-duration current impulse withstand test.....	33
8.5 Operating duty tests.....	34
8.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators.....	44
8.7 Short-circuit tests.....	46
8.8 Internal partial discharge tests.....	56

8.9	Test of the bending moment	56
8.10	Environmental tests	56
8.11	Seal leak rate test	59
8.12	Radio interference voltage (RIV) test	59
9	Routine tests and acceptance tests	60
9.1	Routine tests	60
9.2	Acceptance tests	61
10	Test requirements on polymer-housed surge arresters	63
10.1	Scope	63
10.2	Normative references	63
10.3	Terms and definitions	63
10.4	Identification and classification	63
10.5	Standard ratings and service conditions	63
10.6	Requirements	63
10.7	General testing procedure	63
10.8	Type tests (design tests)	63
11	Test requirements on gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters)	80
11.1	Scope	80
11.2	Normative references	80
11.3	Terms and definitions	80
11.4	Identification and classification	80
11.5	Standard ratings and service conditions	80
11.6	Requirements	81
11.7	General testing procedures	82
11.8	Type tests (design tests)	82
11.9	Routine tests	87
11.10	Test after erection on site	87
12	Separable and dead-front arresters	90
12.1	Scope	90
12.2	Normative references	90
12.3	Terms and definitions	90
12.4	Identification and classification	90
12.5	Standard ratings and service conditions	90
12.6	Requirements	90
12.7	General testing procedure	91
12.8	Type tests (design tests)	91
12.9	Routine tests and acceptance tests	97
13	Liquid-immersed arresters	97
13.1	Scope	97
13.2	Normative references	97
13.3	Terms and definitions	97
13.4	Identification and classification	97
13.5	Standard ratings and service conditions	97
13.6	Requirements	98
13.7	General testing procedure	98
13.8	Type tests (design tests)	98
13.9	Routine tests and acceptance tests	105

Annex A (normative) Abnormal service conditions	106
Annex B (normative) Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section	107
Annex C (normative) Requirements for high lightning duty arresters for voltage range 1 kV to 52 kV	108
Annex D (normative) Procedure to verify the power-frequency voltage-versus-time characteristics of an arrester	111
Annex E (informative) Guide to selection of line discharge class	113
Annex F (normative) Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters	115
Annex G (informative) Typical information given with enquiries and tenders	130
Annex H (informative) Typical circuit for high current impulse operating duty test (see 8.5.4)	132
Annex I (informative) Typical circuit for a distributed constant impulse generator for the long duration current impulse withstand test (see 8.4)	134
Annex J (informative) Typical maximum residual voltages	135
Annex K (informative) Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures	136
Annex L (informative) Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters	138
Annex M (normative) Mechanical considerations	146
Annex N (normative) Test procedure to determine the lightning impulse discharge capability	151
 Bibliography	 154
 Figure 1 – Operating duty test on 10 000 A line discharge Class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters (see 8.5.4)	 23
Figure 2 – Operating duty test on 10 000 A arresters line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge Classes 4 and 5 (see 8.5.5)	24
Figure 3 – Power losses of the arrester at elevated temperatures versus time	37
Figure 4 – Thermal stability test on 10 000 A line discharge Class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters	62
Figure 5 – Thermal stability test on 10 000 A arresters line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge Classes 4 and 5	62
Figure 6 – Thermomechanical test	74
Figure 7 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load	75
Figure 8 – Water immersion	76
Figure 9 – Example of an accelerated weather ageing cycle under operating voltage (according to IEC 61109)	79
Figure 10 – Another example of an accelerated weather ageing cycle	80
Figure 11 – Test set-up for insulation withstand test of separable arresters in insulating housings	92

Figure 12 – Power losses of arrester at elevated temperatures versus time	101
Figure 13 – Examples of arrester units	54
Figure 14 – Short-circuit test setup	55
Figure 15 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current	56
Figure C.1 – Operating duty test on 20 000 A high lightning duty arresters	110
Figure C.2 – Thermal stability test on 20 000 A high lightning duty arresters (see 9.2.2).....	110
Figure D.1 – Test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters	111
Figure D.2 – Test on 20 000 A high lightning duty arresters	112
Figure D.3 – Test on 10 000 A arresters, line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters, line discharge Classes 4 and 5.....	112
Figure E.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.....	114
Figure F.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample	118
Figure H.1 – Typical test circuit diagram for high current impulse operating duty test.....	132
Figure I.1 – Typical distributed constant impulse generator for the long-duration impulse test.....	134
Figure L.1 – Typical three-phase arrester installation.....	143
Figure L.2 – Simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester.....	143
Figure L.3 – Geometry of arrester model.....	144
Figure L.4 – Example of voltage-current characteristic of metal-oxide resistors at +20 °C in the leakage current region.....	145
Figure L.5 – Calculated voltage stress along the resistor column in case B.....	145
Figure M.1 – Bending moment – multi-unit surge arrester	146
Figure M.2 – Surge arrester unit	148
Figure M.3 – Surge-arrester dimensions	149
Table 1 – Arrester classification.....	19
Table 2 – Steps of rated voltages.....	20
Table 3 – Arrester type tests ^a	28
Table 4 – Peak currents for switching impulse residual voltage test	32
Table 5 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters	33
Table 6 – Requirements for the long-duration current impulse test on 5 000 A and 2 500 A arresters	34
Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages	37
Table 8 – Requirements for high current impulses	41
Table 14 – Test requirements	52
Table 15 – Required currents for short-circuit tests	53

Table 8 – Requirements for high current impulses	66
Table 9 – 10 000 A and 20 000 A three-phase GIS-arresters – Required withstand voltages	88
Table 10 – 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A three – phase – GIS arresters – Required withstand voltages	89
Table 11 – Insulation withstand test voltages for unscreened separable arresters.....	92
Table 12 – Insulation withstand test voltages for dead-front arresters or separable arresters in a screened housing.....	92
Table 8 – Requirements for high current impulses	94
Table 13 – Partial discharge test values for separable and dead-front arresters.....	97
Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages	101
Table 8 – Requirements for high current impulses	102
Table C.1 – Test requirements on 20 000 A high lightning duty arresters ^a	109
Table F.1 – Mean external charge for different pollution severities.....	119
Table F.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test.....	120
Table F.3 – Requirements for the device used for the measurement of the charge.....	121
Table F.4 – Requirements for the device used for the measurement of the temperature.....	122
Table F.5 – Calculated values of $\Delta T_{z \max}$ for the selected example	128
Table F.6 – Results of the salt fog test for the selected example.....	128
Table F.7 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 5 cycles for the selected example.....	129
Table F.8 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 10 cycles for the selected example.....	129
Table J.1 – Residual voltages for 20 000 A and 10 000 A arresters in per unit of rated voltage.....	135
Table J.2 – Residual voltages for 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters in per unit of rated voltage.....	135
Table K.1 – Minimum demonstrated lifetime prediction	136
Table K.2 – Relationship between test durations at 115 °C and equivalent time at upper limit of ambient temperature.....	137
Table L.1 – Results from example calculations	142

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SURGE ARRESTERS –

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

FOREWORD

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

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

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

- Clauses 1, 2 and 3 contain common subclauses that cover all arrester types. Clauses 4 to 9 contain subclauses that apply to porcelain-housed arresters. To a great extent, the content of Clauses 4 to 9 also applies to arrester types other than porcelain-housed. Any exceptions that apply to polymer-housed, GIS, separable and dead-front, and liquid-immersed arresters are included in Clauses 10 to 13 as entire subclauses, not as parts of subclauses. That is, if any subclause of Clauses 4 to 9 does not apply in its entirety to a particular type of arrester, then a replacement subclause is given in its entirety in the appropriate Clauses 10, 11, 12, or 13. This avoids the necessity for the user of the document to judgwhich part of a clause has been amended.

- Table 1 has been modified. The previous Table 1 included references to subclauses for type testing. Such references are really not appropriate in Clause 4 and have been transferred to a new table in Clause 8.
- Clauses 6, 8, 11, 12 and 13: modifications have been made to short-circuit requirements.
- Requirements of Clause 13 (mechanical considerations) have been incorporated into Clauses 5, 6, 8, 10, 11, 12 and 13, and Annex A of this new edition.

This consolidated version of IEC 60099-4 consists of the second edition (2004) [documents 37/298/FDIS and 37/300/RVD] and its amendment 1 (2006) [documents 37/324/FDIS and 37/325/RVD] and its amendment 2 (2009) [documents 37/354/FDIS and 37/357/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

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

Arresters covered by this standard are commonly applied to live/front overhead installations in place of the non-linear resistor-type gapped arresters covered in IEC 60099-1.

SURGE ARRESTERS –

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

1 Scope

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

2 Normative references

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

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

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

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

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-42:2003, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

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

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

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 61109:1992, *Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61166:1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*

IEC 61330:1995, *High-voltage/low-voltage prefabricated substations*

IEC 62271-200:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

CISPR 16-1:1999, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

CISPR 18-2:1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	161
INTRODUCTION.....	163
1 Domaine d'application	164
2 Références normatives.....	164
3 Termes et définitions	165
4 Identification et classification.....	173
4.1 Identification des parafoudres	173
4.2 Classification des parafoudres.....	174
5 Caractéristiques assignées et conditions de service.....	174
5.1 Tensions assignées normales	174
5.2 Fréquences assignées normales	174
5.3 Valeurs normales des courants nominaux de décharge	174
5.4 Conditions de service	175
6 Prescriptions	175
6.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre.....	175
6.2 Tension de référence	176
6.3 Tensions résiduelles.....	176
6.4 Décharges partielles internes	176
6.5 Taux de fuite de l'étanchéité.....	176
6.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes.....	176
6.7 Stabilité thermique	176
6.8 Tenue au choc de courant de longue durée.....	176
6.9 Fonctionnement des parafoudres	177
6.10 Caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre	180
6.11 Court-circuit	180
6.12 Dispositif de déconnexion.....	180
6.13 Prescriptions pour les équipements auxiliaires tels que les éléments de répartition.....	180
6.14 Efforts mécaniques.....	180
6.15 Compatibilité électromagnétique.....	181
6.16 Fin de cycle.....	181
6.17 Capacité de décharge aux chocs de foudre	181
7 Conditions générales d'exécution des essais.....	181
7.1 Appareillage de mesure et précision.....	181
7.2 Mesures de la tension de référence.....	182
7.3 Echantillons destinés aux essais	182
8 Essais de type (essais de conception).....	182
8.1 Généralités.....	182
8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	184
8.3 Essais de vérification de la tension résiduelle.....	185
8.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée	188
8.5 Essais de fonctionnement.....	190
8.6 Essai des dispositifs déconnecteurs/indicateurs de défaut pour parafoudres	201
8.7 Essais de court-circuit.....	203
8.8 Essais de décharges partielles internes.....	213

8.9	Essai du moment de flexion.....	213
8.10	Essais d'environnement	215
8.11	Essai de mesure du taux de fuite.....	216
8.12	Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)	216
9	Essais individuels et essais de réception.....	218
9.1	Essais individuels.....	218
9.2	Essais de réception.....	219
10	Prescriptions d'essais pour les parafoudres à enveloppe synthétique	220
10.1	Domaine d'application	220
10.2	Références normatives.....	220
10.3	Termes et définitions.....	221
10.4	Identification et classification.....	221
10.5	Caractéristiques assignées et conditions de service	221
10.6	Prescriptions	221
10.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	221
10.8	Essais de type (essais de conception).....	221
11	Prescriptions d'essais pour les parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (Parafoudres blindés)	239
11.1	Domaine d'application	239
11.2	Références normatives.....	239
11.3	Termes et définitions.....	239
11.4	Identification et classification.....	239
11.5	Caractéristiques assignées et conditions de service	239
11.6	Prescriptions	240
11.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	241
11.8	Essais de type (essais de conception).....	241
11.9	Essais individuels.....	246
11.10	Essais consécutifs à l'installation sur site	246
12	Parafoudres débroschables et parafoudres pour prises	249
12.1	Domaine d'application	249
12.2	Références normatives.....	249
12.3	Termes et définitions.....	249
12.4	Identification et classification.....	249
12.5	Caractéristiques assignées et conditions de service	249
12.6	Prescriptions	249
12.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	250
12.8	Essais de type (essais de conception).....	250
12.9	Essais individuels et essais de réception.....	256
13	Parafoudres immergés	256
13.1	Domaine d'application	256
13.2	Références normatives.....	256
13.3	Termes et définitions.....	256
13.4	Identification et classification.....	256
13.5	Caractéristiques assignées et conditions de service	257
13.6	Prescriptions	257
13.7	Conditions générales d'exécution des essais.....	257
13.8	Essais de type (essais de conception).....	257
13.9	Essais individuels et essais de réception.....	265

Annexe A (normative) Conditions anormales de service.....	266
Annexe B (normative) Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre	267
Annexe C (normative) Prescriptions relatives aux parafoudres pour courants de foudre élevés pour la gamme de tension de 1 kV à 52 kV	268
Annexe D (normative) Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre	271
Annexe E (informative) Guide pour le choix de la classe de décharge de ligne	273
Annexe F (normative) Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments.....	275
Annexe G (informative) Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres	290
Annexe H (informative) Circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude (voir 8.5.4).....	293
Annexe I (informative) Circuit type de générateur de choc à constantes réparties pour l'essai de tenue aux chocs de courant de longue durée (voir 8.4).....	295
Annexe J (informative) Tensions résiduelles maximales typiques.....	296
Annexe K (informative) Procédure d'essai de vieillissement – Loi d'Arrhénus – Problèmes liés aux températures plus élevées.....	297
Annexe L (informative) Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique	299
Annexe M (normative) Considérations d'ordre mécanique.....	307
Annexe N (normative) Procédure d'essai pour déterminer la capacité de décharge aux chocs de foudre	312
Bibliographie.....	315
Figure 1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A (voir 8.5.4).....	178
Figure 2 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5 (voir 8.5.5)	179
Figure 3 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps	192
Figure 4 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 10 000 A de classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A.....	220
Figure 5 – Essai de stabilité thermique pour les parafoudres 10 000 A des classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A des classes de décharge de ligne 4 et 5.....	220
Figure 6 – Essai thermomécanique	233
Figure 7 – Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion	234
Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau	235
Figure 9 – Exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré sous tension (conformément à la CEI 61109)	238
Figure 10 – Autre exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré	239
Figure 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres pour prise ou débroschables avec enveloppe blindée	251

Figure 12 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps	260
Figure 13 – Exemples d'unités de parafoudres.....	211
Figure 14 – Court-circuit échantillon d'essai.....	212
Figure 15 – Exemple de circuit d'essai pour ré-appliquer le circuit pré-dégradé immédiatement avant l'application du courant d'essai de court-circuit.....	213
Figure C.1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés	270
Figure C.2 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés (voir 9.2.2).....	270
Figure D.1 – Essai des parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne 1, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A.....	271
Figure D.2 – Essai des parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés	272
Figure D.3 – Essai des parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5	272
Figure E.1 – Energie spécifique en kJ par kV de tension assignée en fonction du rapport de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre (U_a) à la valeur efficace de la tension assignée U_r du parafoudre	274
Figure F.1 – Organigramme démontrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon en essai.....	278
Figure H.1 – Schéma de circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude.....	293
Figure I.1 – Circuit type de générateur de chocs à constantes réparties pour l'essai aux chocs de courant de longue durée.....	295
Figure L.1 – Installation triphasée type de parafoudres	304
Figure L.2 – Circuit équivalent simplifié multi-étages d'un parafoudre	304
Figure L.3 – Géométrie du modèle de parafoudre	305
Figure L.4 – Exemple de caractéristique courant-tension en valeurs réduites à +20 °C pour une résistance à oxydes métalliques dans la région des courants de fuite	306
Figure L.5 – Répartition de tension calculée le long de la colonne de résistances dans le cas B.....	306
Figure M.1 – Moment de flexion pour un parafoudre à plusieurs unités	307
Figure M.2 – Fraction de parafoudre	309
Figure M.3 – Dimensions du parafoudre.....	310
Tableau 1 – Classification des parafoudres.....	174
Tableau 2 – Echelons de tensions assignées.....	174
Tableau 3 – Essais de type de parafoudre ^a	183
Tableau 4 – Valeurs de crête des courants pour l'essai de vérification de la tension résiduelle	188
Tableau 5 – Paramètres pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres 20 000 A et 10 000 A	189
Tableau 6 – Prescriptions pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 A et 2 500 A.....	190
Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées.....	193
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude.....	198
Tableau 14 – Exigences d'essai.....	209
Tableau 15 – Courants exigés pour les essais de court-circuit	210

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude.....	224
Tableau 9 – Parafoudres blindés triphasés 10 000 A et 20 000 A – Tensions de tenue prescrites	247
Tableau 10 – Parafoudres blindés triphasés 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A – Tensions de tenue prescrites	248
Tableau 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres débouchables non blindés	251
Tableau 12 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débouchables ou pour prise blindés.....	251
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude.....	253
Tableau 13 – Essais de décharges partielles internes pour les parafoudres débouchables et les parafoudres pour prise	256
Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées.....	260
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude.....	261
Tableau C.1 – Prescriptions relatives aux parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés	269
Tableau F.1 – Charge moyenne externe pour différentes sévérités de la pollution	279
Tableau F.2 – Caractéristiques de l'échantillon utilisé lors de l'essai de pollution.....	280
Tableau F.3 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la charge.....	281
Tableau F.4 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la température.....	282
Tableau F.5 – Résultats du calcul de $\Delta T_{z \max}$ pour l'exemple choisi.....	288
Tableau F.6 – Résultats de l'essai sous brouillard salin pour l'exemple choisi.....	288
Tableau F.7 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 5 cycles pour l'exemple choisi.....	289
Tableau F.8 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 10 cycles pour l'exemple choisi.....	289
Tableau J.1 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 20 000 A et 10 000 A Valeurs rapportées à la tension assignée.....	296
Tableau J.2 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A Valeurs rapportées à la tension assignée.....	296
Tableau K.1 – Durée de vie minimale prévisible démontrée	297
Tableau K.2 – Relation entre durée d'essai à 115 °C et durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante.....	298
Tableau L.1 – Résultats d'exemples de calcul.....	303

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PARAFOUDRES –

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

AVANT-PROPOS

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

La présente Norme internationale CEI 60099-4 a été établie par le comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

Cette édition inclut les modifications techniques significatives suivantes en référence à la précédente édition:

- Les Articles 1, 2 et 3 contiennent les paragraphes communs qui couvrent tous les types de parafoudres. Les Articles 4 à 9 contiennent les paragraphes qui s'appliquent aux parafoudres à enveloppe en porcelaine. Dans une très grande partie, le contenu des Articles 4 à 9 s'applique également aux types de parafoudres différents de ceux à enveloppe de porcelaine. Toutes les exceptions qui s'appliquent aux parafoudres à enveloppe polymère (GIS) aux parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (parafoudres blindés), parafoudres débouchables et parafoudres pour prises, et aux parafoudres immergés sont incluses dans les Articles 10 à 13 sous forme de paragraphes entiers et non en tant que parties de paragraphes. Cela signifie que n'importe quel article

des Articles 4 à 9 ne s'applique pas entièrement à un type particulier de parafoudre, un paragraphe de remplacement est alors donné dans son intégralité dans les Articles appropriées 10, 11, 12 ou 13. Cela évite à l'utilisateur du document d'avoir à juger quelle partie de l'article est modifiée

- Le Tableau 1 a été modifié. Le précédent Tableau 1 incluait les références aux paragraphes des essais de type (essais de conception). De telles références ne sont pas vraiment appropriées au nouvel Article 4 et ont été transférées dans le nouveau Tableau 3 de Article 8.
- Articles 6, 8, 11, 12 et 13: des modifications ont été apportées aux prescriptions des court-circuits.
- Les prescriptions de l'Article 13 (Considérations mécaniques) ont été incorporées dans les Articles 5, 6, 8, 10, 11, 12 et 13, et dans l'Annexe A de cette nouvelle édition.

La présente version consolidée de la CEI 60099-4 comprend la deuxième édition (2004) [documents 37/298/FDIS et 37/300/RVD], son amendement 1 (2006) [documents 37/324/FDIS et 37/325/RVD] et son amendement 2 (2009) [documents 37/354/FDIS et 37/357/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

Cette partie de la CEI 60099 présente les critères minimaux pour les prescriptions et pour les essais des parafoudres sans éclateur à oxyde métallique destinés à être utilisés sur les réseaux de puissance en courant alternatif.

Les parafoudres décrits dans cette norme sont couramment utilisés dans des installations reliées à des lignes aériennes, à la place des parafoudres à éclateurs à résistance variable qui font l'objet de la CEI 60099-1.

PARAFOUDRES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60099 s'applique aux parafoudres à résistance variable à oxyde métallique sans éclateur conçus pour limiter les surtensions sur les réseaux à courant alternatif.

2 Références normatives

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

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

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

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

CEI 60068-2-14:1984, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai N: Variations de température*

CEI 60068-2-42:2003, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

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

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

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 61109:1992, *Isolateurs composites destinés aux lignes aériennes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 61166:1993, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 61330:1995, *Postes préfabriqués haute tension/basse tension*

CEI 62271-200:2003, *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*

CEI 62271-203:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

CISPR 16-1:1999, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18-2:1986, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques – Partie 2: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*