NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60099-4

Edition 2.1

2006-07

Edition 2:2004 consolidée par l'amendement 1:2006
Edition 2:2004 consolidated with amendment 1:2006

Parafoudres –

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

Surge arresters –

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60099-4:2004+A1:2006

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60099-4

Edition 2.1

2006-07

Edition 2:2004 consolidée par l'amendement 1:2006
Edition 2:2004 consolidated with amendment 1:2006

Parafoudres –

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

Surge arresters –

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

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE CR

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 12
INTRODUCTION 16
1 Domaine d'application 18
2 Références normatives 18
3 Termes et définitions 20
4 Identification et classification 36
4.1 Identification des parafoudres 36
4.2 Classification des parafoudres 38
5 Caractéritiques assignées et conditions de service 38
5.1 Tensions assignées normales 38
5.2 Fréquences assignées normales 38
5.3 Valeurs normales des courants nominaux de décharge 38
5.4 Conditions de service 40
6 Prescriptions 40
6.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre 40
6.2 Tension de référence 42
6.3 Tensions résiduelles 42
6.4 Décharges partielles internes 42
6.5 Taux de fuite de l'étanchéité 42
6.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes 42
6.7 Stabilité thermique 42
6.8 Tenue au choc de courant de longue durée 42
6.9 Fonctionnement des parafoudres 44
6.10 Caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre 50
6.11 Court-circuit 50
6.12 Dispositif de déconnexion 50
6.13 Prescriptions pour les équipements auxiliaires tels que les éléments de répartition 50
6.14 Efforts mécaniques 50
6.15 Compatibilité électromagnétique 52
6.16 Fin de cycle 52
6.17 Capacité de décharge aux chocs de foudre 52
7 Conditions générales d'éxécution des essais 52
7.1 Appareillage de mesure et précision 52
7.2 Mesures de la tension de référence 54
7.3 Echantillons destinés aux essais 54
8 Essais de type (essais de conception) 54
8.1 Généralités 54
8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre 58
8.3 Essais de vérification de la tension résiduelle 60
8.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée 66
8.5 Essais de fonctionnement 70
8.6 Essai des dispositifs déconnecteurs/indicateurs de défaut pour parafoudres 92
8.7 Essais de court-circuit 96
8.8 Essais de décharges partielles internes 116

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CONTENTS

FOREWORD 13
INTRODUCTION 17
1 Scope 19
2 Normative references 19
3 Terms and definitions 21
4 Identification and classification 37
4.1 Arrester identification 37
4.2 Arrester classification 39
5 Standard ratings and service conditions 39
5.1 Standard rated voltages 39
5.2 Standard rated frequencies 39
5.3 Standard nominal discharge currents 39
5.4 Service conditions 41
6 Requirements 41
6.1 Insulation withstand of the arrester housing 41
6.2 Reference voltage 43
6.3 Residual voltages 43
6.4 Internal partial discharges 43
6.5 Seal leak rate 43
6.6 Current distribution in a multi-column arrester 43
6.7 Thermal stability 43
6.8 Long-duration current impulse withstand 43
6.9 Operating duty 45
6.10 Power-frequency voltage versus time characteristics of an arrester 51
6.11 Short-circuit 51
6.12 Disconnector 51
6.13 Requirements for auxiliary equipment such as grading components 51
6.14 Mechanical loads 51
6.15 Electromagnetic compatibility 53
6.16 End of life 53
6.17 Lightning impulse discharge capability 53
7 General testing procedure 53
7.1 Measuring equipment and accuracy 53
7.2 Reference voltage measurements 55
7.3 Test samples 55
8 Type tests (design tests) 55
8.1 General 55
8.2 Insulation withstand tests on the arrester housing 59
8.3 Residual voltage tests 61
8.4 Long-duration current impulse withstand test 67
8.5 Operating duty tests 71
8.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators 93
8.7 Short-circuit tests 97
8.8 Internal partial discharge tests 117

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.9 Essai en moment de flexion 116
8.10 Essais d'environnement 118
8.11 Essai de mesure du taux de fuite 120
8.12 Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV) 122
9 Essais individuels et essais de réception 124
9.1 Essais individuels 124
9.2 Essais de réception 126
10 Prescriptions d'essais pour les parafoudres à enveloppe synthétique 130
10.1 Domaine d'application 130
10.2 Références normatives 130
10.3 Termes et définitions 130
10.4 Identification et classification 130
10.5 Caractéristiques assignées et conditions de service 130
10.6 Prescriptions 130
10.7 Conditions générales d'exécution des essais 132
10.8 Essais de type (essais de conception) 132
11 Prescriptions d'essais pour les parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (Parafoudres blindés) 164
11.1 Domaine d'application 164
11.2 Références normatives 164
11.3 Termes et définitions 164
11.4 Identification et classification 164
11.5 Caractéristiques assignées et conditions de service 164
11.6 Prescriptions 166
11.7 Conditions générales d'exécution des essais 168
11.8 Essais de type (essais de conception) 168
11.9 Essais individuels 178
11.10 Essais consécutifs à l'installation sur site 178
12 Parafoudres débrochables et parafoudres pour prises 184
12.1 Domaine d'application 184
12.2 Références normatives 184
12.3 Termes et définitions 184
12.4 Identification et classification 184
12.5 Caractéristiques assignées et conditions de service 184
12.6 Prescriptions 184
12.7 Conditions générales d'exécution des essais 186
12.8 Essais de type (essais de conception) 186
12.9 Essais individuels et essais de réception 198
13 Parafoudres immergés 198
13.1 Domaine d'application 198
13.2 Références normatives 198
13.3 Termes et définitions 198
13.4 Identification et classification 198
13.5 Caractéristiques assignées et conditions de service 200
13.6 Prescriptions 200
13.7 Conditions générales d'exécution des essais 200
13.8 Essais de type (essais de conception) 200
13.9 Essais individuels et essais de réception 216

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.9 Test of the bending moment 117
8.10 Environmental tests 119
8.11 Seal leak rate test 121
8.12 Radio interference voltage (RIV) test 123
9 Routine tests and acceptance tests 125
9.1 Routine tests 125
9.2 Acceptance tests 127
10 Test requirements on polymer-housed surge arresters 131
10.1 Scope 131
10.2 Normative references 131
10.3 Terms and definitions 131
10.4 Identification and classification 131
10.5 Standard ratings and service conditions 131
10.6 Requirements 131
10.7 General testing procedure 133
10.8 Type tests (design tests) 133
11 Test requirements on gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters) 165
11.1 Scope 165
11.2 Normative references 165
11.3 Terms and definitions 165
11.4 Identification and classification 165
11.5 Standard ratings and service conditions 165
11.6 Requirements 167
11.7 General testing procedures 169
11.8 Type tests (design tests) 169
11.9 Routine tests 179
11.10 Test after erection on site 179
12 Separable and dead-front arresters 185
12.1 Scope 185
12.2 Normative references 185
12.3 Terms and definitions 185
12.4 Identification and classification 185
12.5 Standard ratings and service conditions 185
12.6 Requirements 185
12.7 General testing procedure 187
12.8 Type tests (design tests) 187
12.9 Routine tests and acceptance tests 199
13 Liquid-immersed arresters 199
13.1 Scope 199
13.2 Normative references 199
13.3 Terms and definitions 199
13.4 Identification and classification 199
13.5 Standard ratings and service conditions 201
13.6 Requirements 201
13.7 General testing procedure 201
13.8 Type tests (design tests) 201
13.9 Routine tests and acceptance tests 217

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe A (normative) Conditions anormales de service 218

Annexe B (normative) Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre 220

Annexe C (normative) Prescriptions relatives aux parafoudres pour courants de foudre élevés pour la gamme de tension de 1 kV à 52 kV 222

Annexe D (normative) Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre 228

Annexe E (informative) Guide pour le choix de la classe de décharge de ligne 232

Annexe F (normative) Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments 236

Annexe G (informative) Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres 266

Annexe H (informative) Circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude (voir 8.5.4) 272

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) 276

Annexe J (informative) Tensions résiduelles maximales typiques 278

Annexe K (informative) Procédure d'essai de vieillissement – Loi d'Arrhénius – Problèmes liés aux températures plus élevées 280

Annexe L (informative) Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique 284

Annexe M (normative) Considérations d'ordre mécanique 300

Annexe N (normative) Procédure d'essai pour déterminer la capacité de décharge aux chocs de foudre 308

Bibliographie 314

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) 46

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) 48

Figure 3 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps 74

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 128

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 5 130

Figure 6 – Essai thermomécanique 152

Figure 7 – Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion 154

Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau 156

Figure 9 – Exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré sous tension (conformément à la CEI 61109) 162

Figure 10 – Autre exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré 164

Figure 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres pour prise ou débrochables avec enveloppe blindée 188

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex A (normative) Abnormal service conditions 219

Annex B (normative) Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section 221

Annex C (normative) Requirements for high lightning duty arresters for voltage range 1 kV to 52 kV 223

Annex D (normative) Procedure to verify the power-frequency voltage-versus-time characteristics of an arrester 229

Annex E (informative) Guide to selection of line discharge class 233

Annex F (normative) Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters 237

Annex G (informative) Typical information given with enquiries and tenders 267

Annex H (informative) Typical circuit for high current impulse operating duty test (see 8.5.4) 273

Annex I (informative) Typical circuit for a distributed constant impulse generator for the long duration current impulse withstand test (see 8.4) 277

Annex J (informative) Typical maximum residual voltages 279

Annex K (informative) Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures 281

Annex L (informative) Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters 285

Annex M (normative) Mechanical considerations 301

Annex N (normative) Test procedure to determine the lightning impulse discharge capability 309

Bibliography 315

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) 47

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) 49

Figure 3 – Power losses of the arrester at elevated temperatures versus time 75

Figure 4 – Thermal stability test on 10 000 A line discharge Class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters 129

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 5 131

Figure 6 – Thermomechanical test 153

Figure 7 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load 155

Figure 8 – Water immersion 157

Figure 9 – Example of an accelerated weather ageing cycle under operating voltage (according to IEC 61109) 163

Figure 10 – Another example of an accelerated weather ageing cycle 165

Figure 11 – Test set-up for insulation withstand test ofseparable arresters in insulating housings 189

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Figure 12 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps 206
Figure 13 – Exemples d'unités de parafoudres 112
Figure 14 – Court-circuit échantillon d'essai 114
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 116
Figure C.1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés 226
Figure C.2 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés (voir 9.2.2) 226
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 228
Figure D.2 – Essai des parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés 230
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 5 230
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 234
Figure F.1 – Organigramme démontrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon en essai 242
Figure H.1 – Schéma de circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude 272
Figure I.1 – Circuit type de générateur de chocs à constantes réparties pour l'essai aux chocs de courant de longue durée 276
Figure L.1 – Installation triphasée type de parafoudres 294
Figure L.2 – Circuit équivalent simplifié multi-étages d'un parafoudre 294
Figure L.3 – Géométrie du modèle de parafoudre 296
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 298
Figure L.5 – Répartition de tension calculée le long de la colonne de résistances dans le cas B 298
Figure M.1 – Moment de flexion pour un parafoudre à plusieurs unités 300
Figure M.2 – Fraction de parafoudre 304
Figure M.3 – Dimensions du parafoudre 306

Tableau 1 – Classification des parafoudres 38
Tableau 2 – Echelons de tensions assignées 38
Tableau 3 – Essais de type de parafoudre [a] 56
Tableau 4 – Valeurs de crête des courants pour l'essai de vérification de la tension résiduelle 66
Tableau 5 – Paramètres pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres 20 000 A et 10 000 A 68
Tableau 6 – Prescriptions pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 A et 2 500 A 70
Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées 76
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude 86
Tableau 14 – Exigences d'essai 108
Tableau 15 – Courants exigés pour les essais de court-circuit 110

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Figure 12 – Power losses of arrester at elevated temperatures versus time 207
Figure 13 – Examples of arrester units 113
Figure 14 – Short-circuit test setup 115
Figure 15 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current 117
Figure C.1 – Operating duty test on 20 000 A high lightning duty arresters 227
Figure C.2 – Thermal stability test on 20 000 A high lightning duty arresters (see 9.2.2) 227
Figure D.1 – Test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters 229
Figure D.2 – Test on 20 000 A high lightning duty arresters 231
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 5 231
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 235
Figure F.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample 243
Figure H.1 – Typical test circuit diagram for high current impulse operating duty test 273
Figure I.1 – Typical distributed constant impulse generator for the long-duration impulse test 277
Figure L.1 – Typical three-phase arrester installation 295
Figure L.2 – Simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester 295
Figure L.3 – Geometry of arrester model 297
Figure L.4 – Example of voltage-current characteristic of metal-oxide resistors at +20 °C in the leakage current region 299
Figure L.5 – Calculated voltage stress along the resistor column in case B 299
Figure M.1 – Bending moment – multi-unit surge arrester 301
Figure M.2 – Surge arrester unit 305
Figure M.3 – Surge-arrester dimensions 307

Table 1 – Arrester classification 39
Table 2 – Steps of rated voltages 39
Table 3 – Arrester type tests[a] 57
Table 4 – Peak currents for switching impulse residual voltage test 67
Table 5 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters 69
Table 6 – Requirements for the long-duration current impulse test on 5 000 A and 2 500 A arresters 71
Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages 77
Table 8 – Requirements for high current impulses 87
Table 14 – Test requirements 109
Table 15 – Required currents for short-circuit tests 111

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude 138
Tableau 9 – Parafoudres blindés triphasés 10 000 A et 20 000 A – Tensions de tenue prescrites 180
Tableau 10 – Parafoudres blindés triphasés 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A – Tensions de tenue prescrites 182
Tableau 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres débrochables non blindés 188
Tableau 12 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débrochables ou pour prise blindés 188
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude 192
Tableau 13 – Essais de décharges partielles internes pour les parafoudres débrochables et les parafoudres pour prise 198
Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées 206
Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude 208
Tableau C.1 – Prescriptions relatives aux parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés 224
Tableau F.1 – Charge moyenne externe pour différentes sévérités de la pollution 244
Tableau F.2 – Caractéristiques de l'échantillon utilisé lors de l'essai de pollution 246
Tableau F.3 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la charge 248
Tableau F.4 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la température 250
Tableau F.5 – Résultats du calcul de $\Delta T_{z\,max}$ pour l'exemple choisi 262
Tableau F.6 – Résultats de l'essai sous brouillard salin pour l'exemple choisi 262
Tableau F.7 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 5 cycles pour l'exemple choisi 264
Tableau F.8 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 10 cycles pour l'exemple choisi 264
Tableau J.1 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 20 000 A et 10 000 A Valeurs rapportées à la tension assignée 278
Tableau J.2 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A Valeurs rapportées à la tension assignée 278
Tableau K.1 – Durée de vie minimale prévisible démontrée 280
Tableau K.2 – Relation entre durée d'essai à 115 °C et durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante 282
Tableau L.1 – Résultats d'exemples de calcul 292

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 8 – Requirements for high current impulses 139
Table 9 – 10 000 A and 20 000 A three–phase GIS–arresters – Required withstand voltages 181
Table 10 – 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A three – phase – GIS arresters – Required withstand voltages 183
Table 11 – Insulation withstand test voltages for unscreened separable arresters 189
Table 12 – Insulation withstand test voltages for dead-front arresters or separable arresters in a screened housing 189
Table 8 – Requirements for high current impulses 193
Table 13 – Partial discharge test values for separable and dead-front arresters 199
Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages 207
Table 8 – Requirements for high current impulses 209
Table C.1 – Test requirements on 20 000 A high lightning duty arresters[a] 225
Table F.1 – Mean external charge for different pollution severities 245
Table F.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test 247
Table F.3 – Requirements for the device used for the measurement of the charge 249
Table F.4 – Requirements for the device used for the measurement of the temperature 251
Table F.5 – Calculated values of $\Delta T_{z\,max}$ for the selected example 263
Table F.6 – Results of the salt fog test for the selected example 263
Table F.7 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 5 cycles for the selected example 265
Table F.8 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 10 cycles for the selected example 265
Table J.1 – Residual voltages for 20 000 A and 10 000 A arresters in per unit of rated voltage 279
Table J.2 – Residual voltages for 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters in per unit of rated voltage 279
Table K.1 – Minimum demonstrated lifetime prediction 281
Table K.2 – Relationship between test durations at 115 °C and equivalent time at upper limit of ambient temperature 283
Table L.1 – Results from example calculations 293

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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 débrochables 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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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 judgewhich part of a clause has been amended.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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] et son amendement 1 (2006) [documents 37/324/FDIS et 37/325/RVD].

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

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- 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].

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

It bears the edition number 2.1.

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

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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*

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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*

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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*.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1
parafoudre à oxyde métallique sans éclateur
parafoudre à résistances variables à oxyde métallique connectées en série et/ou en parallèle, ne comportant pas d'éclateurs en série ou en parallèle

3.2
résistance variable à oxyde métallique
partie d'un parafoudre qui, par sa caractéristique non linéaire de la tension en fonction du courant, fonctionne comme une résistance de faible valeur pour les surtensions, limitant ainsi la tension aux bornes du parafoudre, et comme une résistance de valeur élevée à la tension normale à fréquence industrielle

3.3
système de répartition interne d'un parafoudre
impédances de répartition, en particulier condensateurs de répartition connectés en parallèle sur une seule résistance ou sur un groupe de résistances non linéaires à oxyde métallique pour fixer la répartition de la tension le long de la colonne de résistances à oxyde métallique

3.4
anneau de garde d'un parafoudre
partie métallique, généralement de forme circulaire, montée pour modifier électrostatiquement la répartition de la tension le long du parafoudre

3.5
fraction de parafoudre
partie complète d'un parafoudre, correctement assemblée, nécessaire pour représenter le comportement d'un parafoudre complet lors d'un essai particulier

NOTE Une fraction de parafoudre n'est pas nécessairement un élément de parafoudre.

3.6
élément de parafoudre
partie d'un parafoudre, entièrement contenue dans une enveloppe, qui peut être connectée en série et/ou en parallèle avec d'autres éléments pour réaliser un parafoudre ayant des valeurs assignées de tension et/ou de courant plus élevées

NOTE Un élément de parafoudre n'est pas nécessairement une fraction de parafoudre.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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*

3 Terms and definitions

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

3.1
metal-oxide surge arrester without gaps
arrester having non-linear metal-oxide resistors connected in series and/or in parallel without any integrated series or parallel spark gaps

3.2
non-linear metal-oxide resistor
part of the surge arrester which, by its non-linear voltage versus current characteristics, acts as a low resistance to overvoltages, thus limiting the voltage across the arrester terminals, and as a high resistance at normal power-frequency voltage

3.3
internal grading system of an arrester
grading impedances, in particular grading capacitors connected in parallel to one single or to a group of non-linear metal-oxide resistors, to control the voltage distribution along the metal-oxide resistor stack

3.4
grading ring of an arrester
metal part, usually circular in shape, mounted to modify electrostatically the voltage distribution along the arrester

3.5
section of an arrester
complete, suitably assembled part of an arrester necessary to represent the behaviour of a complete arrester with respect to a particular test

NOTE A section of an arrester is not necessarily a unit of an arrester.

3.6
unit of an arrester
completely housed part of an arrester which may be connected in series and/or in parallel with other units to construct an arrester of higher voltage and/or current rating

NOTE A unit of an arrester is not necessarily a section of an arrester.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.7
limiteur de pression d'un parafoudre
dispositif destiné à limiter la pression interne d'un parafoudre et à éviter la rupture brutale de l'enveloppe à la suite du passage prolongé du courant de défaut ou d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre

3.8
tension assignée d'un parafoudre
***U*r**
valeur maximale de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre ses bornes pour laquelle le parafoudre est prévu pour fonctionner correctement dans des conditions de surtension temporaires comme il est défini dans les essais de fonctionnement (voir 8.5).

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

NOTE 2 La tension assignée comme définie dans la présente norme est la tension à fréquence industrielle de 10 s, utilisée pour vérifier la stabilité après application des chocs de courant de grande amplitude ou de longue durée lors de l'essai de fonctionnement. Les essais utilisés pour définir la tension assignée dans la CEI 60099-1, ainsi que dans certaines normes nationales, impliquent l'application de chocs répétés au courant nominal pendant que la tension à fréquence industrielle est appliquée. On attire l'attention sur le fait que ces deux méthodes utilisées pour définir les valeurs assignées ne produisent pas nécessairement des valeurs équivalentes (une résolution de cette différence est à l'étude).

3.9
tension de régime permanent d'un parafoudre
***U*c**
valeur désignée admissible de la tension de régime permanent efficace à fréquence industrielle qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre selon 8.5.

3.10
fréquence nominale d'un parafoudre
fréquence du réseau pour laquelle le parafoudre est prévu

3.11
décharge disruptive
phénomène associé à une défaillance de l'isolation sous l'effet de la contrainte électrique, avec chute de la tension et passage d'un courant.

NOTE 1 Ce terme s'applique aux perforations électriques de diélectriques solides, liquides et gazeux, et à leurs combinaisons.

NOTE 2 Une décharge disruptive dans un isolant électrique solide entraîne une perte permanente de la rigidité diélectrique. Dans un isolant liquide ou gazeux, la perte de la rigidité diélectrique peut n'être que temporaire.

3.12
perforation
claquage
décharge disruptive à travers un solide

3.13
contournement
décharge disruptive le long d'une surface solide

3.14
choc
onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui, sans oscillations appréciables, croît rapidement jusqu'à une valeur maximale et tombe à zéro, habituellement moins rapidement, avec, éventuellement, de petites ondes de polarité opposée

NOTE Les paramètres qui définissent un choc de tension ou de courant sont la polarité, la valeur de crête, la durée du front et la durée jusqu'à la mi-valeur sur la queue.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.7
pressure-relief device of an arrester
means for relieving internal pressure in an arrester and preventing violent shattering of the housing following prolonged passage of fault current or internal flashover of the arrester

3.8
rated voltage of an arrester
U_r
maximum permissible r.m.s. value of power-frequency voltage between its terminals at which it is designed to operate correctly under temporary overvoltage conditions as established in the operating duty tests (see 8.5)

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

NOTE 2 The rated voltage as defined in this standard is the 10 s power-frequency voltage used in the operating duty test after high-current or long-duration impulses. Tests used to establish the voltage rating in IEC 60099-1, as well as some national standards, involve the application of repetitive impulses at nominal current with power-frequency voltage applied. Attention is drawn to the fact that these two methods used to established rating do not necessarily produce equivalent values (a resolution to this discrepancy is under consideration).

3.9
continuous operating voltage of an arrester
U_c
designated permissible r.m.s. value of power-frequency voltage that may be applied continuously between the arrester terminals in accordance with 8.5

3.10
rated frequency of an arrester
frequency of the power system on which the arrester is designed to be used

3.11
disruptive discharge
phenomenon associated with the failure of insulation under electric stress, which include a collapse of voltage and the passage of current

NOTE 1 The term applies to electrical breakdowns in solid, liquid and gaseous dielectric, and combinations of these.

NOTE 2 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of electric strength. In a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

3.12
puncture
breakdown
disruptive discharge through a solid

3.13
flashover
disruptive discharge over a solid surface

3.14
impulse
unidirectional wave of voltage or current which, without appreciable oscillations, rises rapidly to a maximum value and falls, usually less rapidly, to zero with small, if any, excursions of opposite polarity

NOTE The parameters which define a voltage or current impulse are polarity, peak value, front time and time to half-value on the tail.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.15
énoncé de la forme d'un choc
combinaison de deux valeurs, la première représentant la durée conventionnelle du front (T_1) et la seconde la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue (T_2).

NOTE L'onde est représentée par T_1/T_2, en microsecondes, le signe «/» n'ayant aucune signification mathématique.

3.16
choc de courant à front raide
choc de courant dont la durée conventionnelle de front est de 1 µs; les limites de réglage sont telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 0,9 µs et 1,1 µs. La durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue ne dépasse pas 20 µs.

NOTE Pour la mesure de la tension résiduelle lors des essais de type (voir 8.3), la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue n'est pas un paramètre critique et aucune tolérance n'est imposée.

3.17
choc de courant de foudre
choc de courant 8/20; les limites de réglage sont telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 7 µs et 9 µs pour la durée conventionnelle de front et entre 18 µs et 22 µs pour la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue.

NOTE Pour la mesure de la tension résiduelle lors des essais de type (voir 8.3), la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue n'est pas un paramètre critique et aucune tolérance n'est imposée.

3.18
choc de courant de longue durée
choc rectangulaire qui croît rapidement jusqu'à une valeur maximale, se maintient à peu près constant pendant une durée déterminée et tombe ensuite rapidement à zéro

NOTE Les paramètres qui définissent un choc rectangulaire sont la polarité, la valeur de crête, la durée conventionnelle de la crête et la durée conventionnelle totale.

3.19
valeur de crête d'un choc
valeur maximale de la tension ou du courant lors d'un choc

NOTE Certaines oscillations superposées peuvent être négligées (voir 8.4.2c et 8.5.4.2e).

3.20
front d'un choc
partie d'un choc précédant la crête

3.21
queue d'un choc
partie d'un choc postérieure à la crête

3.22
origine conventionnelle d'un choc
point d'une courbe «tension en fonction du temps» ou «courant en fonction du temps» déterminé par l'intersection de l'axe des temps, à tension ou courant nul, et de la droite passant par deux points de référence sur le front du choc.

NOTE 1 Pour les chocs de courant, les points de référence sont à 10 % et 90 % de la valeur de crête.

NOTE 2 Cette définition ne s'applique que lorsque l'échelle des abscisses et celle des ordonnées sont toutes deux linéaires.

NOTE 3 S'il existe des oscillations sur le front, il convient de prendre les points de référence à 10% et à 90% sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.15
designation of an impulse shape
combination of two numbers, the first representing the virtual front time (T_1) and the second the virtual time to half-value on the tail (T_2)

NOTE It is written as T_1/T_2, both in microseconds, the sign "/" having no mathematical meaning.

3.16
steep current impulse
current impulse with a virtual front time of 1 μs with limits in the adjustment of equipment such that the measured values are from 0,9 μs to 1,1 μs and the virtual time to half-value on the tail is not longer than 20 μs

NOTE The time to half-value on the tail is not critical and may have any tolerance during the residual voltage type tests (see 8.3).

3.17
lightning current impulse
8/20 current impulse with limits on the adjustment of equipment such that the measured values are from 7 μs to 9 μs for the virtual front time and from 18 μs to 22 μs for the time to half-value on the tail

NOTE The time to half-value on the tail is not critical and may have any tolerance during the residual voltage type tests (see 8.3).

3.18
long-duration current impulse
rectangular impulse which rises rapidly to maximum value, remains substantially constant for a specified period and then falls rapidly to zero

NOTE The parameters which define a rectangular impulse are polarity, peak value, virtual duration of the peak and virtual total duration.

3.19
peak (crest) value of an impulse
maximum value of a voltage or current impulse

NOTE Superimposed oscillations may be disregarded (see 8.4.2c and 8.5.4.2e).

3.20
front of an impulse
part of an impulse which occurs prior to the peak

3.21
tail of an impulse
part of an impulse which occurs after the peak

3.22
virtual origin of an impulse
point on a graph of voltage versus time or current versus time determined by the intersection between the time axis at zero voltage or zero current and the straight line drawn through two reference points on the front of the impulse

NOTE 1 For current impulses the reference points shall be 10 % and 90 % of the peak value.

NOTE 2 This definition applies only when scales of both ordinate and abscissa are linear.

NOTE 3 If oscillations are present on the front, the reference points at 10 % and 90 % should be taken on the mean curve drawn through the oscillations.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.23
durée conventionnelle du front d'un choc de courant
T_1
durée exprimée en microsecondes égale à 1,25 fois le temps nécessaire au courant pour croître de 10 % à 90 % de sa valeur de crête.

NOTE S'il existe des oscillations sur le front, il convient de prendre les points de référence à 10 % et à 90 % sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

3.24
raideur conventionnelle du front d'un choc
quotient de la valeur de crête par la durée conventionnelle du front du choc

3.25
durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue d'un choc
T_2
intervalle de temps entre l'origine conventionnelle et l'instant où la tension ou le courant a diminué jusqu'à atteindre la moitié de sa valeur de crête. Cette durée est exprimée en microsecondes.

3.26
durée conventionnelle de la crête d'un choc rectangulaire
temps pendant lequel l'amplitude du choc est supérieure à 90 % de sa valeur de crête

3.27
durée conventionnelle totale d'un choc rectangulaire
temps pendant lequel l'amplitude du choc est supérieure à 10 % de sa valeur de crête

NOTE S'il existe de petites oscillations sur le front, Il convient de tracer une courbe moyenne pour déterminer l'instant où la valeur de 10 % est atteinte.

3.28
valeur de crête de polarité opposée d'un choc
amplitude maximale de polarité opposée atteinte par un choc de tension ou de courant lorsqu'il oscille autour de zéro avant d'atteindre une valeur nulle permanente

3.29
courant de décharge d'un parafoudre
onde de courant qui circule à travers le parafoudre

3.30
courant nominal de décharge d'un parafoudre
I_n
valeur de crête du choc de courant de foudre (voir 3.17) utilisé pour désigner un parafoudre

3.31
choc de courant de grande amplitude d'un parafoudre
valeur de crête du courant de décharge de forme d'onde 4/10 utilisé pour vérifier la stabilité du parafoudre lors des coups de foudre directs

3.32
courant de choc de manœuvre d'un parafoudre
valeur de crête du courant de décharge dont la durée conventionnelle du front est comprise entre 30 µs et 100 µs, et dont la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue est d'environ deux fois la durée conventionnelle du front

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.23
virtual front time of a current impulse
T_1
time in microseconds equal to 1,25 multiplied by the time in microseconds for the current to increase from 10 % to 90 % of its peak value

NOTE If oscillations are present on the front, the reference points at 10 % and 90 % should be taken on the mean curve drawn through the oscillations.

3.24
virtual steepness of the front of an impulse
quotient of the peak value and the virtual front time of an impulse

3.25
virtual time to half-value on the tail of an impulse
T_2
time interval between the virtual origin and the instant when the voltage or current has decreased to half its peak value, expressed in microseconds

3.26
virtual duration of the peak of a rectangular impulse
time during which the amplitude of the impulse is greater than 90 % of its peak value

3.27
virtual total duration of a rectangular impulse
time during which the amplitude of the impulse is greater than 10 % of its peak value

NOTE If small oscillations are present on the front, a mean curve should be drawn in order to determine the time at which the 10 % value is reached.

3.28
peak (crest) value of opposite polarity of an impulse
maximum amplitude of opposite polarity reached by a voltage or current impulse when it oscillates about zero before attaining a permanent zero value

3.29
discharge current of an arrester
impulse current which flows through the arrester

3.30
nominal discharge current of an arrester
I_n
peak value of lightning current impulse (see 3.17) which is used to classify an arrester

3.31
high current impulse of an arrester
peak value of discharge current having a 4/10 impulse shape which is used to test the stability of the arrester on direct lightning strokes

3.32
switching current impulse of an arrester
peak value of discharge current having a virtual front time greater than 30 μs but less than 100 μs and a virtual time to half-value on the tail of roughly twice the virtual front time

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.33
courant permanent d'un parafoudre
courant circulant à travers le parafoudre quand celui-ci est soumis à la tension de régime permanent

NOTE 1 Le courant permanent, qui comporte une composante résistive et une composante capacitive, peut varier avec la température et les effets des capacités parasites ou de la pollution externe. Le courant permanent d'un échantillon en essai peut donc être différent du courant permanent d'un parafoudre complet.

NOTE 2 A des fins de comparaison, le courant permanent est exprimé soit par sa valeur efficace, soit par sa valeur de crête.

3.34
courant de référence d'un parafoudre
valeur de crête (la plus grande des deux polarités si le courant est dissymétrique) de la composante résistive du courant à fréquence industrielle utilisée pour déterminer la tension de référence d'un parafoudre.

NOTE 1 Il convient que le courant de référence soit suffisamment élevé pour rendre négligeables les effets des capacités parasites aux tensions de référence mesurées sur les éléments de parafoudre (avec leur système de répartition) et qu'il soit spécifié par le constructeur.

NOTE 2 Fonction du courant de décharge nominal et/ou de la classe de décharge de ligne du parafoudre, il convient que le courant de référence soit typiquement dans la gamme de 0,05 mA à 1,0 mA par centimètre carré de surface de disque pour les parafoudres à colonne unique.

3.35
tension de référence d'un parafoudre
U_{ref}
valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$ de la tension à fréquence industrielle qui est appliquée aux bornes du parafoudre pour que celui-ci soit parcouru par le courant de référence.

NOTE 1 La tension de référence d'un parafoudre à plusieurs éléments est la somme des tensions de référence des éléments séparés.

NOTE 2 La mesure de la tension de référence est nécessaire au choix d'un échantillon d'essai convenable dans l'essai de fonctionnement (voir 8.5).

3.36
tension résiduelle d'un parafoudre
U_{res}
valeur de crête de la tension entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge

NOTE L'expression «tension de décharge» est utilisée dans certains pays.

3.37
caractéristique de tenue d'un parafoudre sous tension à fréquence industrielle en fonction du temps
durées maximales pendant lesquelles les tensions à fréquence industrielle correspondantes peuvent être appliquées aux parafoudres sans entraîner de détérioration ou d'instabilité thermique, dans des conditions spécifiées selon 6.10.

3.38
courant présumé d'un circuit
courant qui circulerait en un lieu donné d'un circuit si l'on établissait un court-circuit en ce lieu au moyen d'une connexion d'impédance négligeable

3.39
caractéristiques de protection d'un parafoudre
combinaison des caractéristiques suivantes:

a) tension résiduelle pour les chocs de courant à front raide selon 8.3.1;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.33
continuous current of an arrester
current flowing through the arrester when energized at the continuous operating voltage

NOTE 1 The continuous current, which consists of a resistive and a capacitive component, may vary with temperature, stray capacitance and external pollution effects. The continuous current of a test sample may, therefore, not be the same as the continuous current of a complete arrester.

NOTE 2 The continuous current is, for comparison purposes, expressed either by its r.m.s. or peak value.

3.34
reference current of an arrester
peak value (the higher peak value of the two polarities if the current is asymmetrical) of the resistive component of a power-frequency current used to determine the reference voltage of the arrester

NOTE 1 The reference current will be high enough to make the effects of stray capacitances at the measured reference voltage of the arrester units (with designed grading system) negligible and is to be specified by the manufacturer.

NOTE 2 Depending on the nominal discharge current and/or line discharge class of the arrester, the reference current will be typically in the range of 0,05 mA to 1,0 mA per square centimetre of disc area for single column arresters.

3.35
reference voltage of an arrester
U_{ref}
peak value of power-frequency voltage divided by $\sqrt{2}$ which is applied to the arrester to obtain the reference current

NOTE 1 The reference voltage of a multi-unit arrester is the sum of the reference voltages of the individual units.

NOTE 2 Measurement of the reference voltage is necessary for the selection of a correct test sample in the operating duty test (see 8.5).

3.36
residual voltage of an arrester
U_{res}
peak value of voltage that appears between the terminals of an arrester during the passage of discharge current

NOTE The term "discharge voltage" is used in some countries.

3.37
power-frequency withstand voltage versus time characteristic of an arrester
power-frequency withstand voltage versus time characteristic shows the maximum time durations for which corresponding power-frequency voltages may be applied to arresters without causing damage or thermal instability, under specified conditions in accordance with 6.10.

3.38
prospective current of a circuit
current which would flow at a given location in a circuit if it were short-circuited at that location by a link of negligible impedance

3.39
protective characteristics of an arrester
combination of the following:

a) residual voltage for steep current impulse according to 8.3.1;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) caractéristique de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge pour les chocs de foudre selon 8.3.2;

NOTE 1 Le niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre est la tension résiduelle maximale pour le courant de décharge nominal.

c) tension résiduelle pour les chocs de manœuvre selon 8.3.3

NOTE 2 Le niveau de protection aux chocs de manœuvre du parafoudre est la tension résiduelle maximale aux courants de choc de manœuvre spécifiés.

3.40
emballement thermique d'un parafoudre
situation où la puissance absorbée de façon prolongée par un parafoudre dépasse la capacité de dissipation de l'enveloppe et des connexions, et conduit à une augmentation cumulative de la température des varistances qui se termine par une défaillance du parafoudre

3.41
stabilité thermique d'un parafoudre
un parafoudre est thermiquement stable si, à la suite d'un fonctionnement ayant entraîné un échauffement, la température des varistances baisse quand le parafoudre est soumis à la tension spécifiée de service permanent et dans des conditions ambiantes spécifiées

3.42
dispositif de déconnexion pour parafoudre
dispositif permettant de déconnecter du réseau un parafoudre en cas de défaillance de ce dernier afin d'éviter un défaut permanent sur le réseau et de signaler de façon visible le parafoudre défectueux

NOTE L'interruption du courant de défaut dans le parafoudre pendant l'ouverture du circuit ne dépend généralement pas du dispositif de déconnexion.

3.43
essais de type
essais de conception
essais effectués après la mise au point d'un nouveau type de parafoudre pour déterminer ses caractéristiques et montrer qu'il est conforme à la norme appropriée.

NOTE Il faut reprendre ces essais sur un appareil que si des modifications viennent en changer les caractéristiques. Dans ce cas, seuls les essais concernés seront repris.

3.44
essais individuels
essais effectués sur chaque parafoudre, élément ou matériau, pour s'assurer que le produit répond aux spécifications.

3.45
essais de réception
essais effectués sur les parafoudres ou sur des prélèvements d'une fourniture après accord entre le constructeur et le client

3.46
enveloppe et ailettes

3.46.1
enveloppe
élément isolant externe d'un parafoudre qui procure la ligne de fuite nécessaire et protège les éléments internes contre le milieu environnant

NOTE Une enveloppe peut être constituée de plusieurs éléments assurant la résistance mécanique et la protection contre le milieu environnant

3.46.2
ailette
elément isolant saillant de l'enveloppe destiné à en augmenter la ligne de fuite

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) residual voltage versus discharge current characteristic for lightning impulses according to 8.3.2;

NOTE 1 The lightning impulse protection level of the arrester is the maximum residual voltage for the nominal discharge current.

c) residual voltage for switching impulse according to 8.3.3

NOTE 2 The switching impulse protection level of the arrester is the maximum residual voltage at the specified switching impulse currents.

3.40
thermal runaway of an arrester
situation when the sustained power loss of an arrester exceeds the thermal dissipation capability of the housing and connections, leading to a cumulative increase in the temperature of the resistor elements culminating in failure

3.41
thermal stability of an arrester
arrester is thermally stable if, after an operating duty causing temperature rise, the temperature of the resistor elements decreases with time when the arrester is energized at specified continuous operating voltage and at specified ambient conditions

3.42
arrester disconnector
device for disconnecting an arrester from the system in the event of arrester failure, to prevent a persistent fault on the system and to give visible indication of the failed arrester

NOTE Clearing of the fault current through the arrester during disconnection generally is not a function of the device.

3.43
type tests
design tests
tests which are made upon the completion of the development of a new arrester design to establish representative performance and to demonstrate compliance with the relevant standard

NOTE Once made, these tests need not be repeated unless the design is changed so as to modify its performance. In such a case, only the relevant tests need be repeated.

3.44
routine tests
tests made on each arrester, or on parts and materials, as required, to ensure that the product meets the design specifications

3.45
acceptance tests
tests made on arresters or representative samples after agreement between manufacturer and purchaser

3.46
housing and sheds

3.46.1

housing
external insulating part of an arrester, which provides the necessary creepage distance and protects the internal parts from the environment.

NOTE Housing may consist of several parts providing mechanical strength and protection against the environment.

3.46.2
shed
insulating part projecting from the housing, intended to increase the creepage distance

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.47
parafoudre à enveloppe synthétique

NOTE Voir définition 3.60.

3.48
indicateur de défaut
dispositif destiné à donner une indication de la défaillance d'un parafoudre mais qui ne le déconnecte pas du réseau

3.49
fraction électrique
portion de parafoudre dont chacune des extrémités se termine par une électrode soumise au milieu environnant

NOTE Une fraction électrique est identique à un «élément de parafoudre» telle que définie en 3.6.

3.50
fraction mécanique
portion de parafoudre à l'intérieur de laquelle un dispositif mécanique empêche le déplacement axial des résistances

3.51
parafoudre sous enveloppe métallique à isolation gazeuse
parafoudre blindé
parafoudre à oxyde métallique, sous enveloppe métallique et à isolation gazeuse, sans éclateur série ou parallèle intégré, rempli d'un gaz autre que de l'air

NOTE 1 La pression du gaz est habituellement supérieure à 1 bar = 10^5 Pa.

NOTE 2 Parafoudre utilisé dans les appareillages à isolation gazeuse.

3.52
parafoudre du type débrochable
parafoudre débrochable
parafoudre assemblé dans une enveloppe isolante ou blindée assurant l'isolation du système, destiné à être installé dans une enceinte pour assurer la protection des matériels et des réseaux de distribution. Les connexions électriques peuvent être assurées par un contact glissant ou par visserie; cependant, tous les parafoudres débrochables se raccordent hors tension.

NOTE L'utilisation de parafoudres débrochables est une pratique commune en Europe.

3.53
parafoudre à raccorder sur prise
parafoudre pour prise
parafoudre monté dans une enveloppe blindée, assurant l'isolation du système et la continuité du blindage à la terre, et destiné à être installé dans une enceinte pour assurer la protection des matériels et des réseaux de distribution enterrés ou montés sur poteaux.

NOTE 1 La plupart des parafoudres pour prise se raccordent sous tension.

NOTE 2 Les parafoudres pour prise sont couramment utilisés aux Etats-Unis d'Amérique.

3.54
parafoudre se raccordant hors tension
parafoudre pouvant être connecté et déconnecté du circuit seulement lorsque celui-ci est hors tension

3.55
parafoudre se raccordant sous tension
parafoudre pouvant être connecté et déconnecté lorsque le circuit est sous tension

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.47
polymer housed surge arrester
NOTE See definition 3.60.

3.48
fault indicator
device intended to provide an indication that the arrester is faulty and which does not disconnect the arrester from the system

3.49
electrical unit
portion of an arrester in which each end of the unit is terminated with an electrode which is exposed to the external environment

NOTE An electrical unit is identical to a "unit of an arrester" as defined in 3.6.

3.50
mechanical unit
portion of an arrester in which the resistors within the unit are mechanically restrained from moving in an axial direction

3.51
gas-insulated metal enclosed surge arrester
GIS-arrester
gas-insulated metal-enclosed metal-oxide surge arrester without any integrated series or parallel spark gaps, filled with gas other than air

NOTE 1 The gas pressure is normally higher than 1 bar = 10^5Pa.

NOTE 2 A surge arrester used in gas-insulated switchgear.

3.52
arrester – separable type
separable arrester
arrester assembled in an insulated or screened housing providing system insulation, intended to be installed in an enclosure for the protection of distribution equipment and systems. Electrical connection may be made by sliding contact or by bolted devices; however, all separable arresters are dead-break arresters

NOTE The use of separable arresters is common in Europe.

3.53
arrester – dead-front type
dead-front arrester
arrester assembled in a shielded housing providing system insulation and conductive ground shield, intended to be installed in an enclosure for the protection of underground and pad-mounted distribution equipment and circuits

NOTE 1 Most dead-front arresters are load-break arresters.

NOTE 2 The use of dead-front arresters is common in the USA.

3.54
dead-break arrester
arrester which can be connected and disconnected from the circuit only when the circuit is de-energized

3.55
load-break arrester
arrester which can be connected and disconnected when the circuit is energized

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.56
parafoudre du type immergé
parafoudre immergé
parafoudre destiné à être immergé dans un liquide isolant

3.57
courant assigné de défaillance en circuit ouvert pour parafoudre immergé
niveau de courant de défaut au-delà duquel le parafoudre est déclaré se mettre en circuit ouvert après défaillance

3.58
courant assigné de défaillance en court-circuit pour parafoudre immergé
niveau de courant de défaut au-dessous duquel le parafoudre est déclaré se mettre en court-circuit après défaillance

NOTE Les définitions 3.57 et 3.58 sont préliminaires et sont susceptibles d'être remplacées par des définitions plus générales.

3.59
parafoudre à enveloppe en porcelaine
parafoudre utilisant la porcelaine comme matériau d'enveloppe, avec des fixations et un système d'étanchéité

3.60
parafoudre à enveloppe synthétique
parafoudre utilisant des matériaux synthétiques et composites pour l'enveloppe, avec des fixations

NOTE Des conceptions avec un volume de gaz interne sont possibles. L'étanchéité peut être assurée par le matériau synthétique lui-même ou l'utilisation d'un système séparé.

3.61
moment de flexion
force horizontale appliquée sur l'enveloppe du parafoudre multipliée par la distance verticale entre l'embase (niveau le plus bas de la collerette) de l'enveloppe et le point d'application de la force

3.62
effort en tête
force perpendiculaire à l'axe longitudinal du parafoudre mesurée au niveau de son axe

3.63
effort de torsion
chacune des forces horizontales appliquées en partie haute de l'enveloppe d'un parafoudre installé en position verticale, qui ne s'appliquent pas sur son axe longitudinal

3.64
effort à la rupture
force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine, qui provoque la rupture mécanique de son enveloppe

3.65
limite de dégradation
valeur la plus faible de la force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe synthétique, qui provoque la rupture mécanique de son enveloppe

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.56
arrester – liquid-immersed type
liquid-immersed arrester
arrester designed to be immersed in an insulating liquid

3.57
fail-open current rating for liquid-immersed arrester
fault current level above which the arrester is claimed to evolve into an open circuit upon failure

3.58
fail-short current rating for liquid-immersed arrester
fault current level below which the arrester is claimed to evolve into a short-circuit upon failure

NOTE Definitions 3.57 and 3.58 are preliminary and may be superseded by more general definitions.

3.59
porcelain-housed arrester
arrester using porcelain as housing material, with fittings and sealing systems

3.60
polymer-housed arrester
arrester using polymeric and composite materials for housing, with fittings.

NOTE Designs with an enclosed gas volume are possible. Sealing may be accomplished by use of the polymeric material itself or by a separate sealing system.

3.61
bending moment
horizontal force acting on the arrester housing multiplied by the vertical distance between the mounting base (lower level of the flange) of the arrester housing and the point of application of the force

3.62
terminal line force
force perpendicular to the longitudinal axis of the arrester measured at the centre line of the arrester

3.63
torsional loading
each horizontal force at the top of a vertical mounted arrester housing which is not applied to the longitudinal axis of the arrester

3.64
breaking load
force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain-housed arrester leading to mechanical failure of the arrester housing

3.65
damage limit
lowest value of a force perpendicular to the longitudinal axis of a polymer-housed arrester leading to mechanical failure of the arrester housing

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.66
effort maximal admissible en service
MPSL
force perpendiculaire la plus élevée appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe synthétique qui soit admissible en service sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre

3.67
effort dynamique maximal admissible en service
MPDSL
force perpendiculaire la plus élevée appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine qui est admissible en service pendant de courtes périodes (par exemple forces dues à des courants de court-circuit, contraintes sismiques) sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre

3.68
effort statique admissible en service
PSSL
force perpendiculaire appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine qui est admissible en permanence sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre

3.69
eléments internes
eléments résistifs à oxyde métallique avec leurs supports

3.70
étanchéité (aux gaz et à l'eau)
capacité d'un parafoudre à empêcher l'entrée de corps étrangers affectant son comportement électrique et/ou mécanique

4 Identification et classification

4.1 Identification des parafoudres

Les parafoudres à oxyde métallique doivent être définis au moins au moyen des indications suivantes devant figurer sur une plaque placée en permanence sur le parafoudre:

– tension de régime permanent;
– tension assignée;
– fréquence assignée, si elle diffère des fréquences normales (voir 5.2);
– courant nominal de décharge;
– courant assigné de tenue au court-circuit de tenue au court-circuit en kiloampères (kA). Pour les parafoudres pour lesquels aucune tenue en court-circuit n'est déclarée, la marque «–» doit être indiquée;
– nom du constructeur ou marque de fabrique, type et repères d'identification du parafoudre complet;
– repères d'identification de l'emplacement de l'élément dans l'assemblage (pour les parafoudres à plusieurs éléments uniquement);
– année de construction;
– numéro de série (au moins pour les parafoudres dont les tensions assignées sont supérieures à 60 kV).

NOTE Si la dimension de la plaque signalétique est suffisante, il est recommandé d'y faire figurer également:

- la classe de décharge de ligne ou l'appartenance au type des parafoudres pour courants de foudre élevés (voir Annexe C);
- le niveau de tenue sous pollution de l'enveloppe (voir CEI 60815).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

3.66
maximum permissible service load
MPSL
greatest force perpendicular to the longitudinal axis of a polymer-housed arrester, allowed to be applied during service without causing any mechanical damage to the arrester

3.67
maximum permissible dynamic service load
MPDSL
greatest force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain-housed arrester, allowed to be applied during service for short periods (for example, short-circuit current forces, seismic stress) without causing any mechanical damage to the arrester

3.68
permissible static service load
PSSL
force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain-housed arrester, allowed to be continuously applied during service without causing any mechanical damage to the arrester

3.69
internal parts
metal-oxide resistor elements with supporting structure

3.70
seal (gas/watertightness)
ability of an arrester to avoid ingress of matter affecting the electrical and/or mechanical behaviour into the arrester

4 Identification and classification

4.1 Arrester identification

Metal-oxide surge arresters shall be identified by the following minimum information which shall appear on a nameplate permanently attached to the arrester:

– continuous operating voltage;
– rated voltage;
– rated frequency, if other than one of the standard frequencies (see 5.2);
– nominal discharge current;
– rated short-circuit withstand current in kiloamperes (kA). For arresters for which no short-circuit rating is claimed, the sign "–" shall be indicated;
– the manufacturer's name or trade mark, type and identification of the complete arrester;
– identification of the assembling position of the unit (for multi-unit arresters only);
– the year of manufacture;
– serial number (at least for arresters with rated voltage above 60 kV).

NOTE If sufficient space is available the nameplate should also contain

- line discharge class or high lightning duty type (see Annex C);
- contamination withstand level of the enclosure (see IEC 60815).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.2 Classification des parafoudres

Les parafoudres sont classés par les valeurs normales de leurs courants nominaux de décharge et doivent répondre au moins aux conditions d'essais et aux caractéristiques de fonctionnement spécifiées dans le Tableau 3.

NOTE Il existe cinq types de parafoudres 10 000 A et 20 000 A, qui se différencient par l'amplitude et la durée du courant de choc de longue durée qu'ils peuvent supporter (voir Tableau 5).

Tableau 1 – Classification des parafoudres

	Valeurs normales des courants nominaux de décharge [a]				
	20 000 A	**10 000 A**	**5 000 A**	**2 500 A**	**1 500 A**
Tension assignée U_r (kV_{eff})	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	[b]

[a] Dans certains pays, il est habituel de classer les parafoudres comme suit:

– poste pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A;

– intermédiaire ou de distribution pour les parafoudres 5 000 A;

– secondaire pour les parafoudres 1 500 A.

[b] Cette gamme de basses tensions est à l'étude.

5 Caractéritiques assignées et conditions de service

5.1 Tensions assignées normales

Les tensions assignées normales (en kilovolts, valeur efficace) des parafoudres sont spécifiées dans le Tableau 2 avec des échelons de tension constants dans les gammes de tension spécifiées:

Tableau 2 – Echelons de tensions assignées

Gammes de tension assignée kV efficace	**Echelons de tension assignée** kV efficace
< 3	A l'étude
3 – 30	1
30 – 54	3
54 – 96	6
96 – 288	12
288 – 396	18
396 – 756	24
NOTE Des valeurs de tension assignée autres que celles indiquées ci-dessus peuvent être admises à condition qu'elles soient des multiples de 6.	

5.2 Fréquences assignées normales

Les fréquences assignées normales sont 50 Hz et 60 Hz.

5.3 Valeurs normales des courants nominaux de décharge

Les valeurs normales des courants nominaux de décharge 8/20 sont: 20 000 A, 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A (voir 3.30).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4.2 Arrester classification

Surge arresters are classified by their standard nominal discharge currents and they shall meet at least the test requirements and performance characteristics specified in Table 3.

NOTE For the 10 000 A and 20 000 A arresters, there are five types differentiated by the amplitude and the duration of the long-duration current which they are capable of withstanding (see Table 5).

Table 1 – Arrester classification

	Standard nominal discharge current [a]				
	20 000 A	**10 000 A**	**5 000 A**	**2 500 A**	**1 500 A**
Rated voltage U_r (kV_{rms})	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	[b]

[a] In some countries it is customary to classify arresters as follows:

– station for 10 000 A and 20 000 A arresters;
– intermediate or distribution for 5 000 A arresters;
– secondary for 1 500 A arresters.

[b] This low-voltage range is under consideration.

5 Standard ratings and service conditions

5.1 Standard rated voltages

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

Table 2 – Steps of rated voltages

Range of rated voltage kV r.m.s.	**Steps of rated voltage** kV r.m.s.
< 3	Under consideration
3 – 30	1
30 – 54	3
54 – 96	6
96 – 288	12
288 – 396	18
396 – 756	24

NOTE Other values of rated voltage may be accepted, provided they are multiples of 6.

5.2 Standard rated frequencies

The standard rated frequencies are 50 Hz and 60 Hz.

5.3 Standard nominal discharge currents

The standard nominal 8/20 discharge currents are: 20 000 A, 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A (see 3.30).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4 Conditions de service

5.4.1 Conditions normales de service

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

a) température ambiante de l'air comprise entre –40 °C et +40 °C;

b) rayonnement solaire;

NOTE Les effets d'un rayonnement solaire maximal (1,1 kW/m^2) sont pris en compte en préchauffant le spécimen en essai lors des essais de type. S'il existe d'autres sources de chaleur à proximité du parafoudre, il convient que l'utilisation du parafoudre fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

c) altitude ne dépassant pas 1 000 m;

d) fréquence de la source d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz;

e) tension à fréquence industrielle appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension de régime permanent;

f) conditions mécaniques (à l'étude);

g) conditions de pollution (pas de prescription actuellement);

h) vitesse du vent ≤ 34 m/s;

j) montage vertical

5.4.2 Conditions anormales de service

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à d'autres conditions de service que les conditions normales peuvent exiger une étude spéciale pour leur conception, leur fabrication ou leur utilisation. L'utilisation de la présente norme en cas de conditions de service anormales est sujette à un accord entre le constructeur et le client. Une liste des conditions anormales de service possibles est donnée dans l'Annexe A.

6 Prescriptions

6.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre

L'enveloppe du parafoudre, essayée suivant 8.2, doit supporter les tensions suivantes:

– Niveau de protection aux chocs de foudre (voir 3.39) multiplié par 1,3.

NOTE 1 Le facteur de 1,3 tient compte des variations des conditions atmosphériques et des courants de décharge supérieurs à la valeur nominale.

– Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées de 200 kV et plus, niveau de protection aux chocs de manœuvre (voir 3.39) multiplié par 1,25.

NOTE 2 Le facteur de 1,25 tient compte des variations des conditions atmosphériques et des courants de décharge supérieurs aux valeurs maximales du Tableau 4 (voir 8.3.3).

– Tension à fréquence industrielle, sous pluie pour les enveloppes de parafoudres de type extérieur, à sec pour les enveloppes de parafoudres de type intérieur.

Les enveloppes des parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, et des parafoudres pour courants de foudre élevés (Annexe C) doivent supporter pendant 1 min une tension à fréquence industrielle dont la valeur de crête est égale au niveau de protection aux chocs de foudre multiplié par 0,88.

Les enveloppes des parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées inférieures à 200 kV doivent supporter pendant 1 min une tension à fréquence industrielle dont la valeur de crête est égale au niveau de protection aux chocs de manœuvre multiplié par 1,06.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4 Service conditions

5.4.1 Normal service conditions

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

a) ambient air temperature within the range of –40 °C to +40 °C;

b) solar radiation;

NOTE The effects of maximum solar radiation (1,1 kW/m^2) have been taken into account by preheating the test specimen in the type tests. If there are other heat sources near the arrester, the application of the arrester should be subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser.

c) altitude not exceeding 1 000 m;

d) frequency of the a.c. power supply not less than 48 Hz and not exceeding 62 Hz;

e) power-frequency voltage applied continuously between the terminals of the arrester not exceeding its continuous operating voltage;

f) mechanical conditions (under consideration);

g) pollution conditions (no requirement at this time);

h) wind speeds ≤ 34 m/s;

i) vertical erection.

5.4.2 Abnormal service conditions

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

6 Requirements

6.1 Insulation withstand of the arrester housing

The arrester housing shall withstand the following voltages when tested according to 8.2:

– The lightning impulse protection level of the arresters (see 3.39) multiplied by 1,3.

NOTE 1 The 1,3 factor covers variations in atmospheric conditions and discharge currents higher than nominal.

– For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above, switching impulse protection level of the arrester (see 3.39) multiplied by 1,25.

NOTE 2 The 1,25 factor covers variations in atmospheric conditions and discharge currents higher than the maximum values of Table 4 (see 8.3.3).

– Power-frequency voltage in wet conditions for arrester housings for outdoor use and in dry conditions for arrester housings for indoor use.

Housings of 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters and high lightning duty arresters (Annex C) shall withstand a power-frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level multiplied by 0,88 for a duration of 1 min.

Housings of 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages less than 200 kV shall withstand a power-frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,06 for a duration of 1 min.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.2 Tension de référence

La tension de référence de chaque parafoudre doit être mesurée par le constructeur pour le courant de référence qu'il a choisi, (voir 7.2). La valeur minimale de la tension de référence du parafoudre pour le courant de référence utilisé lors des essais individuels doit être spécifiée et elle doit figurer parmi les informations fournies par le constructeur.

6.3 Tensions résiduelles

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

La tension résiduelle maximale d'un parafoudre de type donné, pour un courant et une forme d'onde donnée, est calculée en multipliant la tension résiduelle des fractions essayées lors de l'essai de type par un facteur d'échelle spécifique. Ce facteur d'échelle est égal au rapport entre la tension résiduelle maximale annoncée, telle qu'elle est contrôlée pendant les essais individuels, et la tension résiduelle mesurée sur les fractions, pendant les essais de type, pour le même courant et la même forme d'onde.

NOTE Pour certains parafoudres dont la tension assignée est inférieure à 36 kV (voir point b) de 9.1), on peut, pour ce calcul, remplacer la tension résiduelle par la tension de référence.

6.4 Décharges partielles internes

Le niveau des décharges partielles dans le parafoudre, lorsqu'il est alimenté sous 1,05 fois sa tension de service permanent doit être ≤10 pC.

6.5 Taux de fuite de l'étanchéité

Pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système séparé d'étanchéité, des taux de fuite doivent être spécifiés comme définis en 8.11 et au point d) de 9.1.

6.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes

Le constructeur doit spécifier la valeur maximale du courant dans une des colonnes d'un parafoudre qui en comporte plusieurs (voir point e) de 9.1).

6.7 Stabilité thermique

Après accord entre le constructeur et le client, il est possible d'effectuer un essai spécial de stabilité thermique, conformément à 9.2.2.

6.8 Tenue au choc de courant de longue durée

Les parafoudres doivent supporter des courants de longue durée suivant les modalités décrites pour les essais de type (voir 8.4).

Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A, la tenue aux courants de longue durée est démontrée par un essai de décharge de ligne (voir 8.4.2) correspondant à la classe de décharge de ligne spécifiée par l'utilisateur.

Pour les parafoudres 5 000 A et 2 500 A, la tenue aux courants de longue durée est démontrée par un essai au choc de longue durée (voir 8.4.3).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.2 Reference voltage

The reference voltage of each arrester shall be measured by the manufacturer at the reference current selected by the manufacturer (see 7.2). The minimum reference voltage of the arrester at the reference current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data.

6.3 Residual voltages

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

The maximum residual voltage of a given arrester design for any current and waveshape is calculated from the residual voltage of sections tested during type tests multiplied by a specific scale factor. This scale factor is equal to the ratio of the declared maximum residual voltage, as checked during the routine tests, to the measured residual voltage of the sections at the same current and waveshape.

NOTE For some arresters with a rated voltage of less than 36 kV (see item b) of 9.1), the reference voltage may be used for this calculation instead of the residual voltage.

6.4 Internal partial discharges

The internal partial discharges in the arrester energized at 1,05 times the continuous operating voltage shall be ≤10 pC.

6.5 Seal leak rate

For arresters having an enclosed gas volume and a separate sealing system, seal leak rates shall be specified as defined in 8.11 and item d) of 9.1.

6.6 Current distribution in a multi-column arrester

The manufacturer shall specify the highest value of the current in a column of a multi-column arrester, see item e) of 9.1.

6.7 Thermal stability

When agreed between manufacturer and purchaser, a special thermal stability test may be performed according to 9.2.2.

6.8 Long-duration current impulse withstand

Arresters shall withstand long-duration currents as checked during type tests (see 8.4).

For 20 000 A and 10 000 A arresters the long-duration withstand is demonstrated by a line discharge test (see 8.4.2) with the line discharge class specified by the user.

For 5 000 A and 2 500 A arresters the long-duration withstand is demonstrated by a long-duration impulse test (see 8.4.3).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

La tension résiduelle mesurée avant et après l'essai au courant de longue durée ne doit pas avoir varié de plus de 5 %.

6.9 Fonctionnement des parafoudres

Les parafoudres doivent être capables de supporter des contraintes combinées comme il en existe en service; ceci est contrôlé lors des essais de fonctionnement (voir 8.5). Ces contraintes ne doivent occasionner ni détérioration ni emballement thermique.

Les parafoudres 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A classe de décharge 1 et les parafoudres pour courants de foudre élevés (voir Annexe C) sont contrôlés par l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude (voir 8.5.4 et Figure 1 ou Figure C.1).

Les parafoudres 10 000 A, classes de décharge 2 et 3, et les parafoudres 20 000 A, classes de décharge 4 et 5, sont contrôlés par l'essai de fonctionnement aux surtensions de manœuvre (voir 8.5.5 et Figure 2).

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 %, et si l'examen des échantillons essayés ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

The residual voltage measured before and after the long-duration current test shall not have changed by more than 5 %.

6.9 Operating duty

Arresters shall be able to withstand the combination of stresses arising in service as demonstrated by the operating duty tests (see 8.5). These stresses shall not cause damage or thermal runaway.

For 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A and 10 000 A line discharge Class 1 arresters and high lightning duty arresters (see Annex C), this is demonstrated by the high current impulse operating duty test (see 8.5.4 and Figure 1 or Figure C.1).

For 10 000 A line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A line discharge Classes 4 and 5 arresters, this is demonstrated by the switching surge operating duty test (see 8.5.5 and Figure 2).

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 %, and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

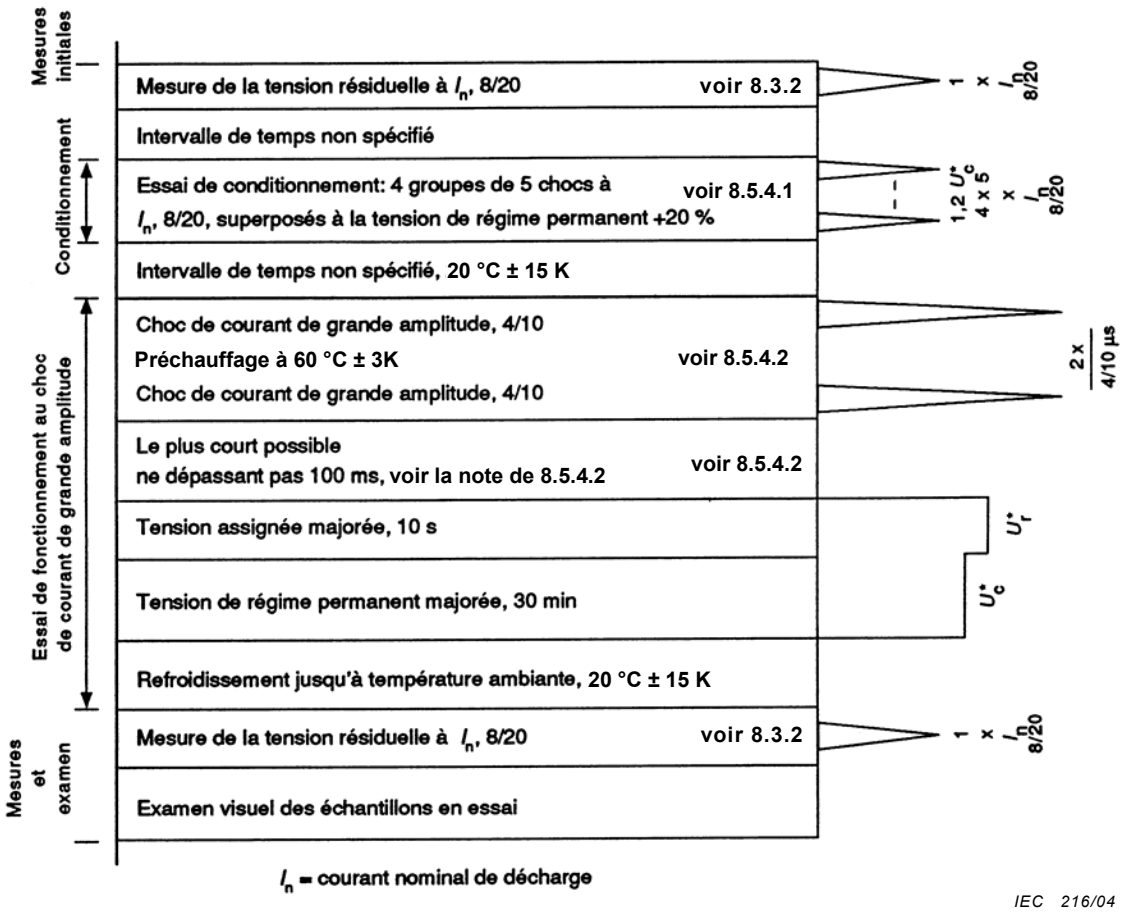


Figure 1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A (voir 8.5.4)

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

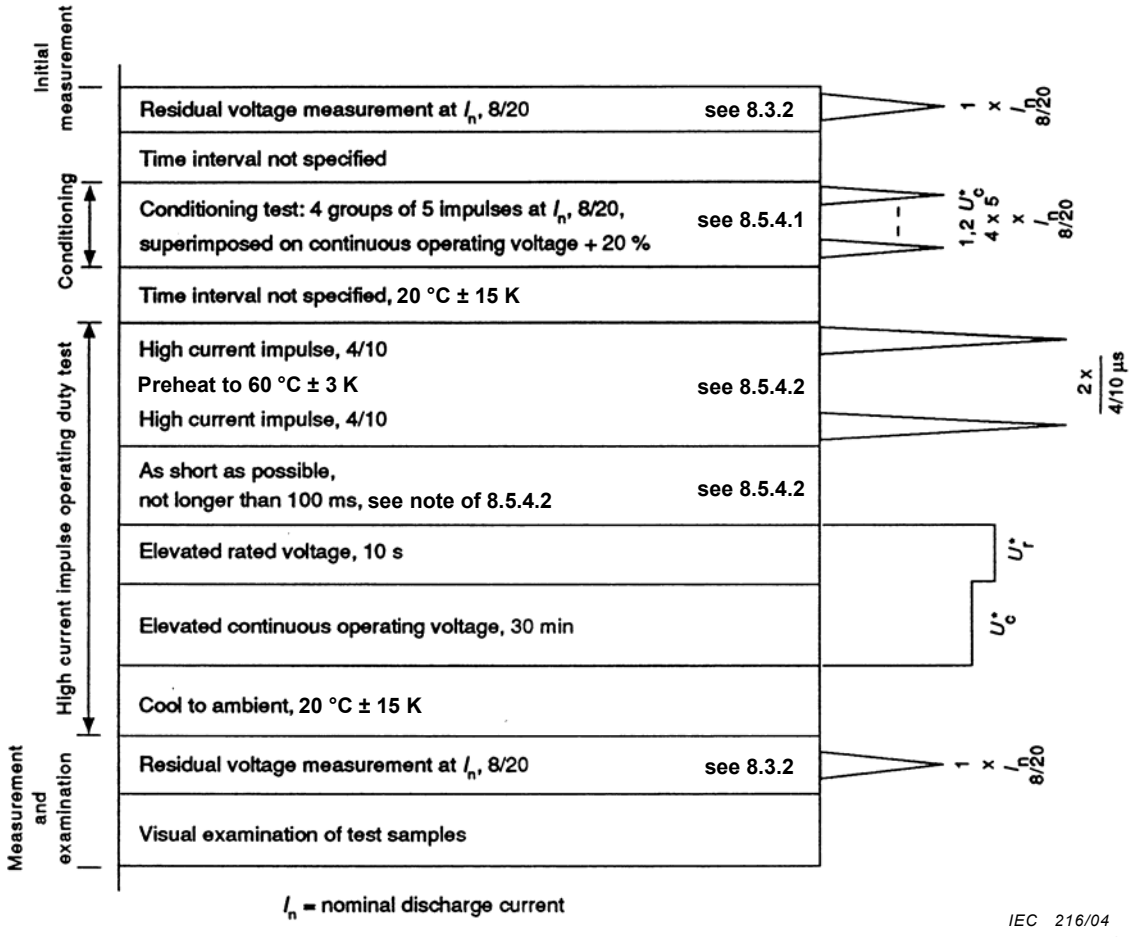


Figure 1 – Operating duty test on 10 000 A line discharge Class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters (see 8.5.4)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

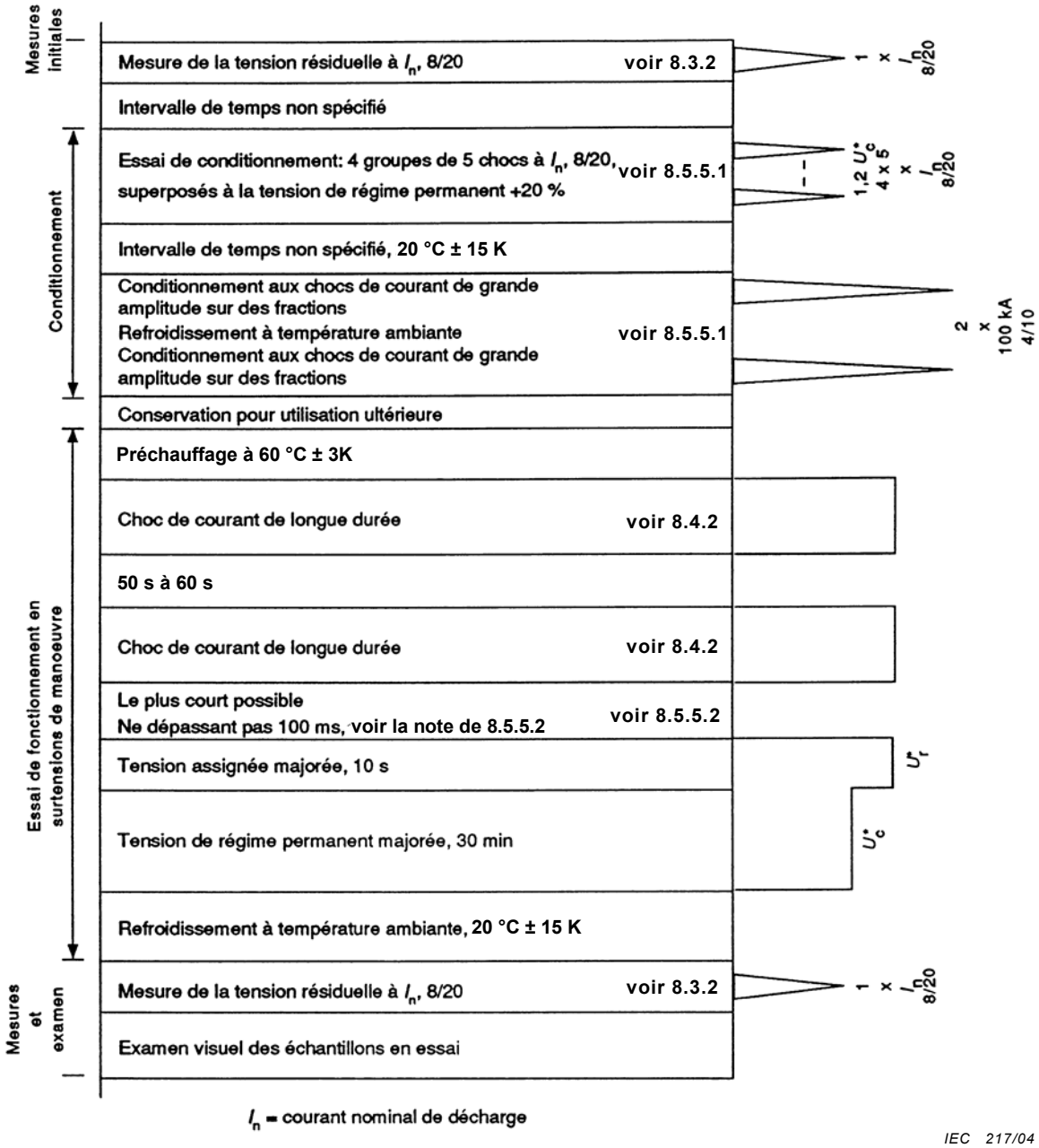


Figure 2 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5
(voir 8.5.5)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

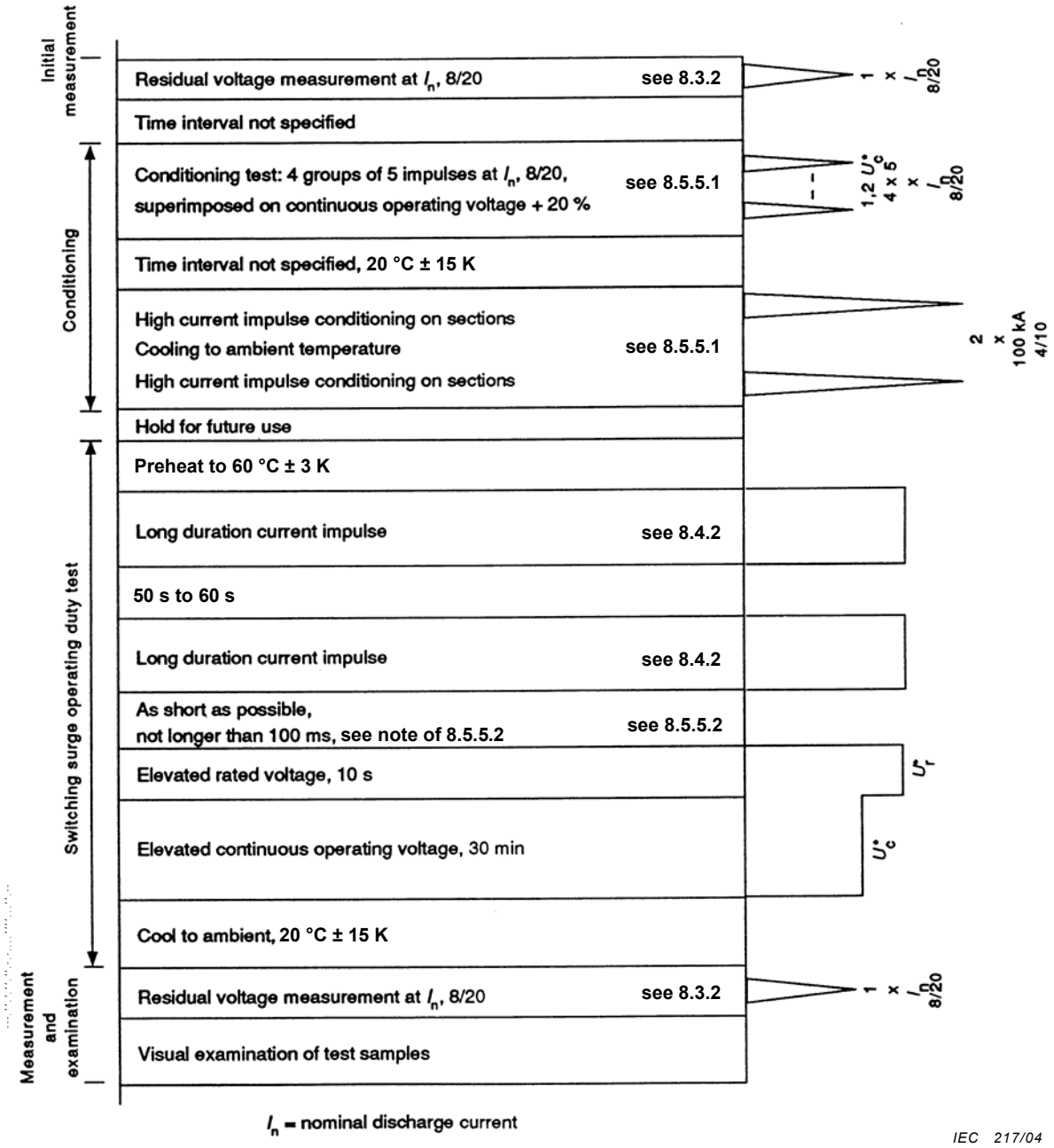


Figure 2 – Operating duty test on 10 000 A arresters line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge Classes 4 and 5 (see 8.5.5)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.10 Caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre

Le constructeur doit indiquer les durées admissibles d'application de différentes valeurs de la tension à fréquence industrielle après que le parafoudre at été préchauffé à 60 °C et a subi la contrainte énergétique de l'essai de décharge de ligne ou de l'essai au courant de grande amplitude, suivant le cas, sans détérioration ou emballement thermique.

Ces indications doivent être présentées sous forme de courbes de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps, qui doivent mentionner l'absorption d'énergie due au choc avant application de cette tension à fréquence industrielle.

NOTE 1 Ces courbes sont nécessaires pour le choix de la tension assignée du parafoudre en fonction des caractéristiques locales du réseau telles que les surtensions de foudre et de manœuvre, et les surtensions temporaires.

NOTE 2 On peut déterminer les courbes par des calculs.

NOTE 3 Il convient que la courbe des surtensions temporaires couvre l'intervalle de temps compris entre 0,1 s et 20 min. Pour les parafoudres à utiliser sur des réseaux à neutre isolé ou compensé par bobine d'extinction sans élimination des défauts à la terre, il convent de prolonger cet intervalle de temps jusqu'à 24 h.

S'il est convenu entre le constructeur et le client de procéder à la vérification de la courbe de tension à fréquence industrielle en fonction du temps, on doit utiliser la méthode décrite à l'Annexe D.

6.11 Court-circuit

Un parafoudre pour lequel une tension assignée de court-circuit est demandée par le constructeur doit être soumis à un essai de court-circuit conformément à 8.7 pour montrer que le parafoudre ne connaîtra pas de défaillance telle qu'elle occasionne de violentes vibrations de l'enveloppe et que l'auto-extinction de flammes nues (s'il y en a) se produise dans une période de temps définie.

6.12 Dispositif de déconnexion

6.12.1 Tenue du dispositif de déconnexion

Lorsqu'un parafoudre est muni d'un dispositif de déconnexion (intégré ou séparé), ce dispositif doit supporter, sans fonctionner, chacun des essais suivants:

– essai aux chocs de courant de longue durée (voir 8.6.2.1);

– essai de fonctionnement (voir 8.6.2.2);

– pour les parafoudres destinés à être installés sur des lignes aériennes dont les tensions réseau sont supérieures à 52 kV, essai de capacité de décharge aux chocs de foudre (voir Annexe N).

6.12.2 Fonctionnement du dispositif de déconnexion

Le temps de retard au fonctionnement du déconnecteur est déterminé, conformément à 8.6.3, pour trois valeurs de courant. Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente.

6.13 Prescriptions pour les équipements auxiliaires tels que les éléments de répartition

Pas de prescriptions actuellement.

6.14 Efforts mécaniques

Le constructeur doit spécifier les efforts maximaux en tête admissibles lors de l'installation et en service, tels que des efforts de flexion, de torsion et de traction.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.10 Power-frequency voltage versus time characteristics of an arrester

The manufacturer shall supply data on the allowable time duration of power-frequency voltage and the corresponding voltage value which may be applied to the arrester after the arrester has been preheated to 60 °C and subjected to the high current or line discharge class energy duty respectively, without damage or thermal runaway.

This information shall be presented as power-frequency voltage versus time curves with the impulse energy consumption prior to this power-frequency voltage application stated on the above-mentioned curve.

NOTE 1 Such curves are necessary for the selection of the arrester rated voltage depending on local system conditions, such as lightning, switching and temporary overvoltages.

NOTE 2 The curves may be established by calculation.

NOTE 3 The temporary overvoltage curve should cover the time range from 0,1 s to 20 min. For arresters to be used in isolated neutral or resonant earthed systems without earth fault clearing, the time should be extended to 24 h.

If verification of the power-frequency voltage-versus-time curve is agreed upon by the manufacturer and the purchaser, the procedure described in Annex D shall be used.

6.11 Short-circuit

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall be subjected to a short-circuit test according to 8.7 to show that the arrester will not fail in a manner that causes violent shattering of the housing and that self-extinguishing of open flames (if any) occurs within a defined period of time.

6.12 Disconnector

6.12.1 Disconnector withstand

When an arrester is fitted or associated with a disconnector, this device shall withstand, without operating, each of the following tests:

– long-duration current impulse test (see 8.6.2.1);

– operating duty test (see 8.6.2.2);

– for surge arresters to be installed in overhead lines with system voltages exceeding 52 kV, test of the lightning impulse discharge capability (see Annex N).

6.12.2 Disconnector operation

The time delay for the operation of the disconnector is determined for three values of current according to 8.6.3. There shall be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device.

6.13 Requirements for auxiliary equipment such as grading components

No requirement at this time.

6.14 Mechanical loads

The manufacturer shall specify the maximum permissible terminal loads relevant for installation and service, such as cantilever, torque and tensile loads.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.14.1 Moment de flexion

Le parafoudre doit être capable de résister aux moments de flexion déclarés par le constructeur (voir 8.9).

NOTE 1 Lors de la détermination de l'effort dynamique appliqué au parafoudre, il est recommandé que l'utilisateur prenne en compte le vent, la glace et les forces électromagnétiques susceptibles d'affecter l'installation.

NOTE 2 Il convient que les parafoudres emballés résistent aux contraintes de transport définies par l'utilisateur conformément à la CEI 60721-3-2, qui ne soient jamais inférieures à la classe 2M1.

NOTE 3 Contrairement aux parafoudres à enveloppe porcelaine, les parafoudres à enveloppe synthétique peuvent présenter des déformations mécaniques en service.

6.14.2 Résistance aux agressions extérieures

Le parafoudre doit résister aux contraintes d'environnement spécifiées en 8.10.

6.14.3 Embase isolante

Si un parafoudre est fixé sur une embase isolante, elle doit résister sans dommages aux essais suivants, qui pourraient en affecter le fonctionnement normal:

– essai en moment de flexion (voir 8.9),

– essais d'environnement, (voir 8.10).

6.15 Compatibilité électromagnétique

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

Dans des conditions de fonctionnement normal, les parafoudres ne doivent pas émettre de perturbations significatives. Un essai aux tensions perturbatrices RF (RIV) doit être appliqué aux parafoudres qui ont une tension assignée de 77 kV et plus (voir 8.12). Le niveau maximal d'essai aux tensions perturbatrices RF du parafoudre soumis à 1,05 fois sa tension de fonctionnement en continu ne doit pas dépasser 2 500 µV.

6.16 Fin de cycle

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

6.17 Capacité de décharge aux chocs de foudre

Pour les parafoudres destinés à être installés sur des lignes aériennes dont les tensions réseau sont supérieures à 52 kV, la capacité de décharge aux chocs de foudre doit être démontrée par les essais et les procédures donnés à l'Annexe N.

7 Conditions générales d'éxécution des essais

7.1 Appareillage de mesure et précision

L'appareillage de mesure doit satisfaire aux exigences de la CEI 60060-2. On admettra que la précision des valeurs obtenues répond aux prescriptions relatives aux essais.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.14.1 Bending moment

The arrester shall be able to withstand the manufacturer's declared values for bending loads (see 8.9).

NOTE 1 When determining the dynamic load applied to a surge arrester, the user should consider, for example, wind, ice and electromagnetic forces likely to affect the installation.

NOTE 2 Surge arresters enclosed within their package should withstand the transportation loads specified by the user in accordance with IEC 60721-3-2, but not less than Class 2M1.

NOTE 3 Unlike porcelain-housed arresters, polymer-housed arresters may show mechanical deflections in service.

6.14.2 Resistance against environmental stresses

The arrester shall be able to withstand environmental stresses as defined in 8.10.

6.14.3 Insulating base

When an arrester is fitted with an insulating base, this device shall withstand each of the following tests without any damage, which could affect its normal function:

– test of the bending moment (see 8.9);
– environmental tests (see 8.10).

6.15 Electromagnetic compatibility

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

In normal working operating conditions, surge arresters shall not emit significant disturbances. A radio interference voltage test (RIV) shall be applied to arresters having a rated voltage of 77 kV and above (see 8.12). The maximum radio interference level of the arrester energized at 1,05 times its continuous operating voltage shall not exceed 2 500 µV.

6.16 End of life

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

6.17 Lightning impulse discharge capability

For surge arresters to be installed in overhead lines with system voltages exceeding 52 kV, the lightning impulse discharge capability shall be demonstrated by the tests and procedures of Annex N.

7 General testing procedure

7.1 Measuring equipment and accuracy

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

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2 Mesures de la tension de référence

La tension de référence d'un parafoudre (voir 3.35) est mesurée au courant de référence (voir 3.34) sur des fractions et des éléments quand cela est nécessaire. Cette mesure doit être effectuée à une température ambiante de 20 °C ± 15 K et cette température doit être enregistrée.

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

7.3 Echantillons destinés aux essais

Sauf pour les articles comportant une indication contraire, tous les essais seront effectués sur les mêmes parafoudres, fractions ou éléments d'appareils. Ces matériels seront neufs, propres, complètement montés (par exemple avec les anneaux de garde s'ils sont utilisés) et installés dans des conditions simulant le plus fidèlement possible les conditions de service.

Si les essais sont effectués sur des fractions, celles-ci devront reproduire le comportement de tous les parafoudres possibles, dans les limites de tolérance du constructeur, en ce qui concerne un essai particulier.

Les échantillons à choisir pour l'essai de décharge de ligne (voir 8.4.2) et l'essai de fonctionnement (voir 8.5) doivent avoir une valeur de tension de référence égale à la limite minimale de la gamme de variation indiquée par le constructeur. De plus, pour les parafoudres à plusieurs colonnes, on doit considérer la valeur la plus élevée de la répartition inégale du courant. En vue de respecter cette exigence, les conditions suivantes doivent être remplies.

a) Le rapport entre la tension assignée du parafoudre complet et la tension assignée de la fraction est appelé n. Le volume des varistances utilisées comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de l'ensemble des varistances utilisées dans le parafoudre complet divisé par n.
b) Il est souhaitable que la tension de référence de la fraction d'essai soit égale à $k\ U_r/n$, k étant le rapport entre la tension minimale de référence du parafoudre et sa tension assignée. Si, pour un échantillon d'essai disponible, $U_{ref} > k\ U_r/n$, le facteur n doit être réduit en conséquence. (Si $U_{ref} < k\ U_r/n$, le parafoudre pourrait absorber trop d'énergie. Une telle fraction ne peut être utilisée qu'après accord du constructeur.)
c) Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, la répartition du courant entre les colonnes doit être mesurée au courant de choc utilisé pour l'essai de répartition du courant (voir point e) de 9.1). La valeur de courant la plus élevée ne doit pas être supérieure à la limite maximale spécifiée par le constructeur.

8 Essais de type (essais de conception)

8.1 Généralités

Les essais de type définis dans cet article s'appliquent aux parafoudres à enveloppe en porcelaine. Les essais s'appliquent aussi à d'autres types de parafoudres (à enveloppe synthétique, blindés, débrochables et pour prise, et immergés) sauf autres indications figurant en 10.8 pour les parafoudres à enveloppe synthétique, en 11.8 pour les parafoudres blindés, en 12.8 pour les parafoudres débrochables et pour prise, ou 13.8 pour les parafoudres immergés.

Les essais de Type seront effectués comme indiqué au Tableau 3, sauf pour les parafoudres 20 000 A spécialement utilisables pour les zones à courants de foudre élévés pour une tension maximale du réseau dans la gamme de 1 kV to 52 kV (voir Tableau C.1).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7.2 Reference voltage measurements

The reference voltage of an arrester (see 3.35) is measured at the reference current (see 3.34) on sections and units when required. The measurement shall be performed at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K and this temperature shall be recorded.

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

7.3 Test samples

Unless otherwise specified, all tests shall be made on the same arresters, arrester sections or arrester units. They shall be new, clean, completely assembled (for example, with grading rings if applicable) and arranged to simulate as closely as possible the conditions in service.

When tests are made on sections it is necessary that the sections represent the behaviour of all possible arresters within the manufacturer's tolerances with respect to a specific test.

The samples to be chosen for the line discharge test (see 8.4.2) and operating duty test (see 8.5) shall have a reference voltage value at the lowest end of the variation range declared by the manufacturer. Furthermore, in case of multi-column arresters, the highest value of uneven current distribution shall be considered. In order to comply with this demand the following shall be fulfilled.

a) The ratio between the rated voltage of the complete arrester to the rated voltage of the section is defined as n. The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete arrester divided by n.

b) The reference voltage of the test section should be equal to $k\ U_r/n$ where k is the ratio between the minimum reference voltage of the arrester and its rated voltage. If $U_{ref} > k\ U_r/n$ for an available test sample, the factor n shall be reduced correspondingly. (If $U_{ref} < k\ U_r/n$ the arrester may absorb too much energy. Such a section can be used only after agreement from the manufacturer.)

c) For multi-column arresters the distribution of the current between the columns shall be measured at the impulse current used for current distribution test (see item e) of 9.1). The highest current value shall not be higher than an upper limit specified by the manufacturer.

8 Type tests (design tests)

8.1 General

Type tests defined in this clause apply to porcelain-housed arresters. The tests also apply to other types of arrester (polymer-housed, GIS, dead-front and separable, and liquid-immersed) unless otherwise noted in 10.8 for polymer-housed arresters, 11.8 for GIS arresters, 12.8 for dead-front and separable arresters, or 13.8 for liquid-immersed arresters.

Type tests shall be made as indicated in Table 3, except for 20 000 A arresters especially applicable for high lightning intensity areas with highest system voltage in the range 1 kV to 52 kV (see Table C.1).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 3 – Essais de type de parafoudre [a]

	Valeurs nominales des courants nominaux de décharge				
	20 000 A	**10 000 A**	**5 000 A**	**2 500 A**	**1 500 A**
Tension assignée U_r (kV_{rms})	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	A l'étude
1 Essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre [b]	8.2.6, 8.2.7	8.2.6, 8.2.7, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8
2 Essai de vérification de la tension résiduelle [c]	Tableau J.1	Tableau J.1	Tableau J.2	Tableau J.2	Tableau J.2
a) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant fort	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1
b) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2
c) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre	8.3.3	8.3.3	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
3 Essai de tenue aux chocs de courant longue durée [d]	8.4.2	8.4.2	8.4.3	8.4.3	Non spécifié
4 Essai de fonctionnement [e]					
a) Essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude	Non spécifié	8.5.4 Tableau 8	8.5.4 Tableau 8	8.5.4 Tableau 8	8.5.4 Tableau 8
b) Essai de fonctionnement aux surtensions de manœuvre	8.5.5 Tableau 5	8.5.5 Tableau 5	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
5 Court-circuit [f]	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
6 Dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut (pour les parafoudres munis de ces dispositifs) [g]	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
7 Essai de pollution des enveloppes [h]	Annexe F				
8 Essai de décharge partielle interne [i]	8.8	8.8	8.8	8.8	–
9 Moment de flexion j	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
10 Essai d'environnement k	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
11 Taux de fuite de l'étanchéité l	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11
12. Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV) m	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12

[a] Les nombres des lignes 1 à 12 se réfèrent aux articles et paragraphes de cette norme.

[b] Essais de tenue de l'isolation, voir aussi 6.1.

Ces essais démontrent la capacité de l'enveloppe du parafoudre à supporter des contraintes de tension à sec et sous pluie

[c] Essais de vérification de la tension résiduelle, voir aussi 6.3

Ces essais déterminent les niveaux de protection du parafoudre.

[d] Essais de tenue aux chocs de courant de longue durée, voir aussi 6.8 .

Ces essais démontrent la capacité des varistances à supporter d'éventuelles contraintes diélectriques et énergétiques sans perforation ni contournement.

[e] Essais de fonctionnement, voir aussi 6.9.

Ces essais démontrent la stabilité thermique du parafoudre dans les conditions spécifiées.

[f] Essais de court-circuit, voir aussi 6.11.

[g] Essais des dispositifs de déconnexion, voir aussi 6.12.

Pour les parafoudres munis d'un dispositif de déconnexion, ces essais montrent que le fonctionnement de ce dispositif est correct.

[h] Essai de pollution artificielle pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et à plusieurs éléments.

Cet essai est effectué pour évaluer l'augmentation de température des parties internes due à une distribution non linéaire et transitoire de potentiel à cause d'une couche de pollution à la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température doit être effectué selon l'Article F.5. Si le résultat du calcul est inférieur à 40 K, aucun essai n'est nécessaire. Si le résultat du calcul est supérieur ou égal à 40 K, un essai selon l'Annexe F doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques).

[i] Essai de décharges partielles internes: voir aussi 6.4.

Cet essai mesure les décharges partielles internes.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 3 – Arrester type tests[a]

	Standard nominal discharge current				
	20 000 A	**10 000 A**	**5 000 A**	**2 500 A**	**1 500 A**
Rated voltage U_r (kV_{rms})	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 360$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	Under consideration
1 Insulation withstand tests on the arrester housing[b]	8.2.6, 8.2.7	8.2.6, 8.2.7, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8	8.2.6, 8.2.8
2 Residual voltage test[c]	Table J.1	Table J.1	Table J.2	Table J.2	Table J.2
a) Steep current impulse residual voltage test	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1	8.3.1
b) Lightning impulse residual voltage test	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2	8.3.2
c) Switching impulse residual voltage test	8.3.3	8.3.3	Not required	Not required	Not required
3 Long-duration current impulse withstand test[d]	8.4.2	8.4.2	8.4.3	8.4.3	Not required
4 Operating duty test[e]					
a) High-current impulse operating duty test	Not required	8.5.4 Table 8	8.5.4 Table 8	8.5.4 Table 8	8.5.4 Table 8
b) Switching surge operating duty test	8.5.5 Table 5	8.5.5 Table 5	Not required	Not required	Not required
5 Short circuit[f]	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
6 Arrester disconnector/fault indicator (when fitted)[g]	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
7 Polluted housing test[h]	Annex F				
8 Internal partial discharge test[i]	8.8	8.8	8.8	8.8	–
9 Bending moment[j]	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
10 Environmental tests[k]	8.10	8.10	8.10	8.10	8.10
11 Seal leak rate[l]	8.11	8.11	8.11	8.11	8.11
12 Radio interference voltage (RIV)[m]	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12

[a] Numbers in rows 1-12 refer to clauses and subclauses in this standard.

[b] Insulation withstand tests, see also 6.1.

These tests demonstrate the ability of the arrester housing to withstand voltage stresses under dry and wet conditions.

[c] Residual voltage tests, see also 6.3.

These tests demonstrate the protective levels of the arrester.

[d] For long-duration current impulse withstand test, see also 6.8.

These tests demonstrate the ability of the resistor elements to withstand possible dielectric and energy stresses without puncture or flashover.

[e] Operating duty tests, see also 6.9.

These tests demonstrate the thermal stability of the arrester under defined conditions.

[f] Short-circuit tests: see also 6.11.

[g] Tests of arrester disconnectors, see also 6.12.

For arresters fitted with disconnectors these tests demonstrate the correct operation of the disconnector.

[h] Artificial pollution test for porcelain-housed multi-unit surge arresters.

This test is made to evaluate the temperature rise of the internal parts due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

A preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise shall be performed according to Clause F.5. If the result of the calculation is less than 40 K, no test is required. If the result of the calculation is 40 K or higher, a test according to Annex F shall be performed unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the test can be omitted.

[l] Internal partial discharge test: see also 6.4.

This test measures the internal partial discharges.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 3 *(suite)*

j	Essai en moment de flexion. Cet essai démontre la capacité du parafoudre à supporter les valeurs des efforts de flexion déclarées par le constructeur.
k	Essai d'environnement. Ces essais démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du parafoudre ne sont pas affectés par les conditions environnementales.
l	Essai du taux de fuite, voir aussi 6.5. Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau de l'assemblage complet du parafoudre. Il s'applique à tous les parafoudres à enveloppe porcelaine et aux parafoudres à enveloppe synthétique comportant des joints et composants associés qui sont essentiels pour maintenir une atmosphère contrôlée à l'intérieur de l'enveloppe (parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).
m	Essai aux tensions perturbatrices RF: voir aussi 6.15.

Le nombre prescrit d'échantillons et leurs caractéristiques sont indiqués dans chaque article. Les parafoudres qui diffèrent entre eux seulement par des modalités de montage ou par la disposition du support et qui, par ailleurs, sont basés sur les mêmes éléments et une construction semblable, se traduisant par des caractéristiques de fonctionnement identiques, y compris les caractéristiques de dissipation de chaleur et l'atmosphère interne, sont considérés comme étant du même type.

8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

8.2.1 Généralités

Les essais de tenue de l'isolation démontrent la capacité de tenue à la tension de l'isolation externe de l'enveloppe des parafoudres. Pour d'autres configurations, l'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

Les essais doivent être effectués dans les conditions et sous les tensions d'essai spécifiées en 6.1 et rappelées ci-dessous. La surface extérieure des parties isolantes doit être nettoyée soigneusement et les parties internes doivent être retirées ou rendues inopérantes pour permettre d'effectuer ces essais.

8.2.2 Essais sur l'enveloppe d'un élément individuel

Les essais appropriés doivent être effectués sur la plus grande enveloppe de parafoudre. Si celle-ci ne représente pas la contrainte spécifique de tension par unité de longueur la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être effectués sur l'enveloppe de l'élément ayant la plus forte contrainte de tension spécifique. Les parties internes peuvent être remplacées par un arrangement équivalent (éléments de répartition par exemple) pour assurer une répartition linéaire de la tension le long de l'axe du parafoudre.

8.2.3 Essais sur l'assemblage des enveloppes du parafoudre complet

A l'étude.

8.2.4 Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais

La tension à appliquer pendant un essai de tenue est définie en multipliant la tension de tenue spécifiée par le facteur de correction tenant compte de la densité de l'air et de l'humidité (voir CEI 60060-1).

La correction due à l'humidité ne doit pas être appliquée pour les essais sous pluie.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 3 *(continued)*

j	Bending moment test. This test demonstrates the ability of the arrester to withstand the manufacturer's declared values for bending loads.
k	Environmental tests These tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the arrester are not impaired by environmental conditions.
l	Seal leak rate test, see also 6.5. This test demonstrates the gas/water-tightness of the complete system.It applies to all arresters employing porcelain housings and to arresters with polymer housings having seals and associated components essential for the maintenance of a controlled atmosphere within the housing (arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system).
m	Radio interference voltage test : see also 6.15.

The required numbers of samples and their conditions are specified in the individual clauses. Arresters which differ only in methods of mounting or arrangement of the supporting structure and which are otherwise based on the same components and similar construction resulting in the same performance characteristics including their heat dissipation conditions and internal atmosphere, are considered to be of the same design.

8.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

8.2.1 General

The voltage withstand tests demonstrate the voltage withstand capability of the external insulation of the arrester housing. For other designs the test has to be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

The tests shall be performed in the conditions and with the test voltages specified in 6.1 and repeated below. The outside surface of insulating parts shall be carefully cleaned and the internal parts removed or rendered inoperative to permit these tests.

8.2.2 Tests on individual unit housing

The applicable tests shall be run on the longest arrester housing. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit housing having the highest specific voltage stress. The internal parts may be replaced by an equivalent arrangement (for example, grading elements) to provide linear voltage distribution along the arrester axis.

8.2.3 Tests on complete arrester housing assemblies

Under consideration.

8.2.4 Ambient air conditions during tests

The voltage to be applied during a withstand test is determined by multiplying the specified withstand voltage by the correction factor taking into account density and humidity (see IEC 60060-1).

Humidity correction shall not be applied for wet tests.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.2.5 Modalités des essais sous pluie

L'isolation externe des parafoudres de type extérieur doit être soumise à des essais de tenue sous pluie suivant la procédure d'essais décrite dans la CEI 60060-1.

8.2.6 Essais aux chocs de tension de foudre

Le parafoudre doit être soumis à un essai à sec au choc de tension de foudre normal en conformité avec la CEI 60060-1.

L'essai est effectué en appliquant quinze chocs consécutifs à la tension d'essai pour chaque polarité. Le parafoudre est déclaré avoir satisfait à l'essai si aucune décharge disruptive interne n'a lieu et si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de quinze chocs. La tension d'essai doit être égale au niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre multiplié par 1,3.

Si la distance d'amorçage à sec ou la somme des distances partielles d'amorçage à sec est supérieure à la tension d'essai divisée par 500 kV/m, cet essai n'est pas nécessaire.

8.2.7 Essai aux chocs de tension de manœuvre

Les parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées de 200 kV et plus doivent être soumis à un essai au choc de tension de manœuvre normal selon la CEI 60060-1. Les parafoudres de type extérieur doivent être essayés sous pluie, les parafoudres de type intérieur à sec.

L'essai est effectué en appliquant quinze chocs consécutifs à la tension d'essai pour chaque polarité. Le parafoudre est déclaré avoir satisfait à l'essai si aucune décharge disruptive interne n'a lieu et si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de quinze chocs. La tension d'essai doit être égale au niveau de protection aux chocs de manœuvre du parafoudre, multiplié par 1,25.

8.2.8 Essai à la tension à fréquence industrielle

Les enveloppes des parafoudres de type extérieur doivent être essayées sous pluie, celles des parafoudres de type intérieur à sec.

Les enveloppes des parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, ainsi que des parafoudres pour courants de foudre élevés (Annexe C) doivent supporter pendant 1 min une tension à fréquence industrielle de valeur de crête égale au niveau de protection aux chocs de foudre multiplié par 0,88.

Les enveloppes des parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées inférieures à 200 kV doivent supporter pendant 1 min une tension à fréquence industrielle, de valeur crête égale au niveau de protection aux chocs de manœuvre multiplié par 1,06.

8.3 Essais de vérification de la tension résiduelle

La mesure de la tension résiduelle lors des essais de type a pour but de fournir les éléments nécessaires au calcul de la tension résiduelle maximale, comme expliqué en 6.3. Cela passe par la détermination du rapport entre les tensions résiduelles aux courants de chocs spécifiés et le niveau de tension vérifié lors des essais individuels. Cette dernière valeur peut être soit la tension de référence, soit la tension résiduelle pour un courant de foudre convenable comprise entre 0,01 et 2 fois le courant nominal de décharge, selon le choix fait par le constructeur pour les modalités des essais individuels.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.2.5 Wet test procedure

The external insulation of outdoor arresters shall be subjected to wet withstand tests under the test procedure given in IEC 60060-1.

8.2.6 Lightning impulse voltage test

The arrester shall be subjected to a standard lightning impulse voltage dry test according to IEC 60060-1.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester shall be considered to have passed the test if no internal disruptive discharges occur and if the number of the external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses. The test voltage shall be equal to the lightning impulse protection level of the arrester multiplied by 1,3.

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

8.2.7 Switching impulse voltage test

The 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above shall be subjected to a standard switching impulse voltage test according to IEC 60060-1. Arresters for outdoor use shall be tested in wet conditions, arresters for indoor use in dry conditions.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester shall be considered to have passed the test if no internal disruptive discharges occur and if the number of the external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses. The test voltage shall be equal to the switching impulse protection level of the arrester multiplied by 1,25.

8.2.8 Power-frequency voltage test

The housings of arresters for outdoor use shall be tested in wet conditions, and housings of arresters for indoor use, in dry conditions.

Housings of 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters and high lightning duty arresters (Annex C) shall withstand a power-frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level multiplied by 0,88 for a duration of 1 min.

Housings of 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages less than 200 kV shall withstand a power-frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,06 for a duration of 1 min.

8.3 Residual voltage tests

The purpose of the residual voltage type test is to obtain the data necessary to derive the maximum residual voltage as explained in 6.3. It includes the calculation of the ratio between voltages at specified impulse currents and the voltage level checked in routine tests. The latter voltage can be either the reference voltage or the residual voltage at a suitable lightning impulse current in the range 0,01 to 2 times the nominal discharge current depending on the manufacturer's choice of routine test procedure.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La tension résiduelle maximale au courant de choc de foudre utilisé pour les essais individuels doit être spécifiée et publiée par le constructeur. Pour obtenir la tension résiduelle maximale du type considéré pour tous les courants et les formes d'onde spécifiés, les tensions résiduelles mesurées sur les fractions en essai sont alors multipliées par le rapport entre la valeur maximale annoncée de la tension résiduelle au courant de l'essai individuel et la tension résiduelle mesurée sur la fraction pour le même courant.

Pour les parafoudres dont la tension assignée est inférieure à 36 kV (voir point b) de 9.1), le constructeur peut choisir de ne vérifier que la tension de référence lors des essais individuels. La tension de référence maximale doit alors être spécifiée. Pour obtenir la tension résiduelle maximale pour tous les courants et les formes d'onde spécifiés, les tensions résiduelles mesurées sur les fractions en essai sont multipliées par le rapport entre cette tension de référence maximale du parafoudre et la tension de référence mesurée sur les fractions essayées.

Tous les essais de vérification de la tension résiduelle doivent être effectués sur les trois mêmes échantillons de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre. Le temps séparant les décharges doit être suffisant pour permettre aux échantillons de revenir à une température approximativement égale à la température ambiante. Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, l'essai peut être effectué sur des fractions composées d'une seule colonne; les tensions résiduelles sont alors mesurées pour des courants égaux aux courants du parafoudre complet divisés par le nombre de colonnes.

8.3.1 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide

Une impulsion de courant à front raide, conformément à 3.16, avec une valeur crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre ±5 % doit être appliquée à chacun des trois échantillons. La valeur crête et la forme d'onde de la tension apparaissant aux bornes des trois échantillons doit être enregistrée et, si nécessaire, corrigée des effets inductifs du circuit de mesure de la tension ainsi qu'en fonction de la géométrie de l'échantillon et du circuit d'essai.

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

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

L'onde impulsionnelle de tension sur l'échantillon (corrigée si nécessaire) ayant la plus grande valeur crête doit être utilisée pour déterminer la valeur de la tension résiduelle au choc de courant à front raide du parafoudre selon l'une des procédures a) ou b) suivantes:

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The maximum residual voltage at a lightning impulse current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data. Maximum residual voltages of the design for all specified currents and wave-shapes are obtained by multiplying the measured residual voltages of the test sections by the ratio of the declared maximum residual voltage at the routine test current to the measured residual voltage for the section at the same current.

For arresters with rated voltages below 36 kV (see item b) of 9.1), the manufacturer may choose to check only the reference voltage by routine test. The maximum reference voltage shall then be specified. The measured residual voltages of the test sections are multiplied by the ratio of this maximum arrester reference voltage to the measured reference voltage of the test sections to obtain maximum residual voltages for all specified currents and wave shapes.

All residual voltage tests shall be made on the same three samples of complete arresters or arrester sections. The time between discharges shall be sufficient to permit the samples to return to approximately ambient temperature. For multi-column arresters the test may be performed on sections made of only one column; the residual voltages are then measured for currents obtained from the total currents in the complete arrester divided by the number of columns.

8.3.1 Steep current impulse residual voltage test

One steep current impulse in accordance with 3.16 with a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester ±5 % shall be applied to each of the three samples. The peak value and the impulse shape of the voltage appearing across the three samples shall be recorded and, if necessary, corrected for inductive effects of the voltage measuring circuit as well as the geometry of the test sample and the test circuit.

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

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

The sample impulse voltage wave shape (corrected if necessary) with the highest peak value shall be used to determine the steep current impulse residual voltage of the arrester according to one of the following procedures a) or b).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Procédure a)

1) Multiplier l'onde de tension aux bornes de l'échantillon par le facteur d'échelle (voir 6.3).
2) A partir du choc de courant à front raide, déterminer le taux de variation du courant (di/dt) sur l'ensemble de l'onde et le multiplier par l'inductance pour déterminer la chute de tension inductive:

$$u(t) = L\ di/dt = L'h\ di/dt$$

où

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

L' est l'inductance par unité de longueur (μH/m);

L' = 1 pour les parafoudres de type extérieur;

L' = 0,3 pour les parafoudres blindés;

h est la longueur du parafoudre de borne à borne (m);

di/dt est le taux de variation du courant en fonction du temps (kA/μs).

3) Ajouter les résultats de 1) et 2) en termes de forme d'onde; la valeur crête de l'onde résultante est la tension résiduelle au choc de courant à front raide du parafoudre.

Procédure b)

1) Multiplier la valeur crête de la tension de choc par le facteur d'échelle (voir 6.3).
2) Déterminer la chute de tension inductive aux bornes du parafoudre, en utilisant la formule suivante:

$$U_L = L\ di/dt = L'\ h\ I_n/T_f$$

où

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

L' est l'inductance par unité de longueur (μH/m);

L' = 1 pour les parafoudres de type extérieur;

L' = 0,3 pour les parafoudres blindés;

h est la longueur du parafoudre de borne à borne (m);

T_f est le temps de front du choc de courant à front raide, qui vaut 1 μs;

I_n est le courant nominal de décharge (kA).

3) Ajouter les résultats de 1) et 2); la valeur résultante est la tension résiduelle au choc courant à front raide du parafoudre.

8.3.2 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un choc de courant de foudre selon 3.17 avec des valeurs de crête qui sont approximativement les suivantes: 0,5, 1 et 2 fois le courant nominal de décharge du parafoudre. La durée conventionnelle du front doit être comprise entre 7 μs et 9 μs tandis que la durée jusqu'à mi-valeur (qui n'est pas critique) peut avoir n'importe quelle tolérance. Les tensions résiduelles sont déterminées selon 6.3. Les valeurs maximales des tensions résiduelles déterminées doivent être portées sur une courbe donnant la tension résiduelle en fonction du courant de décharge. La tension résiduelle lue sur cette courbe correspondant au courant nominal de décharge est définie comme le niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre.

NOTE Si l'essai individuel du parafoudre complet ne peut être effectué à l'un de ces courants, il convient d'effectuer des essais complémentaires sur des fractions avec un courant compris entre 0,01 et 0,25 fois le courant nominal de décharge, pour comparaison avec le parafoudre complet.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Procedure a)

1) Multiply the sample impulse voltage waveshape by the scale factor (see 6.3).
2) From the waveshape of the steep current impulse, determine the rate of change of current (di/dt) over the entire waveshape and multiply it by the inductance in order to determine the inductive voltage drop:

$$u(t) = L\ \mathrm{di/dt} = L'\ h\ \mathrm{di/dt}$$

where

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

L' is the inductivity per unit length (μH/m);

L' = 1 for outdoor arresters;

L' = 0,3 for GIS arresters;

h is the terminal-to-terminal length of the arrester (m);

di/dt is the rate of change of current with time (kA/μs).

3) Add the results of 1) and 2) on a waveshape basis; the peak value of the resulting waveshape is the steep current impulse residual voltage of the arrester.

Procedure b)

1) Multiply the peak value of the sample impulse voltage by the scale factor (see 6.3).
2) Determine the inductive voltage drop between the arrester terminals using the following formula:

$$U_L = L\ \mathrm{di/dt} = L'\ h\ I_n/T_f$$

where

U_L is the peak value of the inductive voltage drop (kV);

L' is the inductivity per unit length (μH/m);

L' = 1 for outdoor arresters;

L' = 0,3 for GIS arresters;

h is the terminal-to-terminal length of the arrester (m);

T_f is the front time of the steep current impulse; equal to 1 μs;

I_n is the nominal discharge current (kA).

3) Add the results of 1) and 2); the resulting value is the steep current impulse residual voltage of the arrester.

8.3.2 Lightning impulse residual voltage test

One lightning current impulse in accordance with 3.17 shall be applied to each of the three samples for each of the following three peak values of approximately 0,5, 1 and 2 times the nominal discharge current of the arrester. Virtual front time shall be within 7 μs to 9 μs while the half-value time (which is not critical) may have any tolerance. The residual voltages are determined in accordance with 6.3. The maximum values of the determined residual voltages shall be drawn in a residual voltage versus discharge current curve. The residual voltage read on such a curve corresponding to the nominal discharge current is defined as the lightning impulse protection level of the arrester.

NOTE If a complete arrester routine test cannot be carried out at one of the above currents, then additional type tests should be carried out at a current in the range of 0,01 to 0,25 times nominal discharge current for comparison to the complete arrester.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.3.3 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un courant de choc de manœuvre selon 3.32 à chacune des valeurs spécifiées dans le Tableau 4, les valeurs de crête étant celles du Tableau 4 avec une tolérance de ±5 %. Les tensions résiduelles sont déterminées selon 6.3. Parmi les trois crêtes de tension, on détermine la plus élevée que l'on définit comme la tension résiduelle aux chocs de manœuvre du parafoudre au courant considéré. Le niveau de protection aux chocs de manœuvre du parafoudre est défini comme la valeur de tension la plus élevée mesurée aux courants spécifiés dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Valeurs de crête des courants pour l'essai de vérification de la tension résiduelle

Classification des parafoudres	Courant de crête A
20 000 A, décharge de ligne classes 4 et 5	500 et 2 000
10 000 A, décharge de ligne classe 3	250 et 1 000
10 000 A, décharge de ligne classes 1 et 2	125 et 500

8.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

8.4.1 Généralités

Avant les essais, on doit mesurer, à des fins d'évaluation, sur chaque échantillon essayé, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge.

Chacun des essais de tenue aux courants de choc de longue durée doit être effectué conformément à 7.3 et 8.1 sur trois échantillons neufs de parafoudres complets, de fractions de parafoudre ou de varistances n'ayant subi aucun essai antérieurement à l'exception de celui spécifié ci-dessus à des fins d'évaluation. Pendant les essais, les résistances variables à oxyde métallique peuvent être exposées à l'air libre immobile à une température de 20 °C ± 15 K. La tension assignée des échantillons essayés doit être au moins 3 kV, si la tension assignée du parafoudre n'est pas inférieure à cette valeur, mais n'a pas besoin de dépasser 6 kV. Si le parafoudre considéré est conçu avec un dispositif déconnecteur/indicateur de défaut, ces essais doivent être effectués avec le dispositif en état de fonctionnement (voir 8.6).

Chaque essai aux courants de choc de longue durée comporte l'application de 18 décharges réparties en 6 séries de 3 décharges. Les intervalles entre les décharges doivent être de 50 s à 60 s et les intervalles entre les séries doivent être suffisants pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante.

A la suite de l'essai aux courants de longue durée et après refroidissement de l'échantillon à une température voisine de la température ambiante, on recommencera les essais de vérification de la tension résiduelle effectués avant l'essai aux courants de longue durée, en vue de comparer les valeurs mesurées avec celles obtenues avant l'essai et les valeurs ne doivent pas avoir varié de plus de 5 %.

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

8.4.2 Prescriptions pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres 20 000 A et 10 000 A

Cet essai consiste en l'application à l'échantillon en essai de chocs de courant simulant la décharge à travers cet échantillon d'une ligne préchargée définie par les paramètres donnés au Tableau 5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.3.3 Switching impulse residual voltage test

One switching current impulse in accordance with 3.32 of each specified value in Table 4 shall be applied to each of the three samples with peak values according to Table 4 with a tolerance of ±5 %. The residual voltages are determined in accordance with 6.3. The highest of these three voltages is defined as the switching impulse residual voltage of the arrester at the respective current. The switching impulse protection level of the arrester is defined as the highest voltage measured at the currents specified in Table 4.

Table 4 – Peak currents for switching impulse residual voltage test

Arrester classification	Peak currents A
20 000 A, line discharge Classes 4 and 5	500 and 2 000
10 000 A, line discharge Class 3	250 and 1 000
10 000 A, line discharge Classes 1 and 2	125 and 500

8.4 Long-duration current impulse withstand test

8.4.1 General

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

Each long-duration current impulse withstand test shall be made in accordance with 7.3 and 8.1 on three new samples of complete arresters, arrester sections or resistor elements which have not been subjected previously to any test except that specified above for evaluation purposes. The non-linear metal-oxide resistors may be exposed to the open air at a still air temperature of 20 °C ± 15 K during these tests. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not less than this and need not exceed 6 kV. If an arrester disconnector/fault indicator is built into the design of the arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector/fault indicator in operable condition (see 8.6).

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

Following the long-duration current test and after the sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made before the long-duration current test shall be repeated for comparison with the values obtained before the test, and the values shall not have changed by more than 5 %.

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

8.4.2 Line discharge test requirements for 20 000 A and 10 000 A arresters

This test consists in the application of current impulses to the test sample simulating discharges through it of a precharged line as defined by the parameters given in Table 5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 5 – Paramètres pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres 20 000 A et 10 000 A

Classification des parafoudres	Classes de décharge de ligne	Impédance d'onde de la ligne *Z* Ω	Durée conventionnelle de la crête *T* µs	Tension de charge U_L kV tension continue
10 000 A	1	4,9 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 A	2	2,4 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 A	3	1,3 U_r	2 400	2,8 U_r
20 000 A	4	0,8 U_r	2 800	2,6 U_r
20 000 A	5	0,5 U_r	3 200	2,4 U_r
U_r est la tension assignée de l'échantillon essayé en kilovolts, valeur efficace.				
NOTE Les classes 1 à 5 correspondent à des prescriptions en matière de décharge de sévérité croissante. Le choix de la classe de décharge appropriée est fonction des exigences du réseau et fait l'objet de l'Annexe E.				

L'énergie (*W*) injectée dans l'échantillon en essai est déterminée à partir des paramètres du Tableau 5 grâce à la formule:

$$W = U_{res} \times (U_L - U_{res}) \times 1/Z \times T$$

où U_{res} est la plus faible valeur de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre mesurée sur les trois échantillons en essai pour la valeur la plus faible des courants donnés au Tableau 4.

L'essai peut être réalisé avec n'importe quel générateur remplissant les conditions suivantes.

a) La durée conventionnelle de la crête du choc de courant doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée dans le Tableau 5.

b) La durée conventionnelle totale du choc de courant ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête.

c) Les oscillations ou le décrochement initial ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête du courant. S'il existe des oscillations, on déterminera la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.

d) L'énergie de chacun des chocs pour chacun des échantillons essayés doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur calculée plus haut pour le premier choc et entre 100 % et 110 % de cette valeur pour les chocs suivants.

Le générateur doit être déconnecté de l'échantillon d'essai à un moment compris entre une et deux fois la durée conventionnelle totale des chocs de courant après le passage du courant par zéro.

Un exemple de circuit d'essai est décrit à l'Annexe I.

8.4.3 Prescriptions pour l'essai au courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 A et 2 500 A

Le générateur utilisé pour cet essai doit fournir un choc de courant remplissant les prescriptions suivantes.

a) La durée conventionnelle de la crête doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée dans le Tableau 6.

b) La durée totale conventionnelle ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 5 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters

Arrester classification	Line discharge class	Surge impedance of the line Z Ω	Virtual duration of peak T μs	Charging voltage U_L kV d.c.
10 000 A	1	4,9 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 A	2	2,4 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 A	3	1,3 U_r	2 400	2,8 U_r
20 000 A	4	0,8 U_r	2 800	2,6 U_r
20 000 A	5	0,5 U_r	3 200	2,4 U_r
U_r is the rated voltage of the test sample in kilovolts r.m.s.				
NOTE Classes 1 to 5 correspond to increasing discharge requirements. The selection of the appropriate discharge class is based on system requirements and is dealt with in Annex E.				

The energy (W) injected into the test sample is determined from the parameters of Table 5 by the formula:

$$W = U_{res} \times (U_L - U_{res}) \times 1/Z \times T$$

where U_{res} is the lowest value of the switching impulse residual voltage measured on the three test samples for the lower current value of Table 4.

The test may be carried out with any generator fulfilling the following requirements.

a) The virtual duration of the peak of the current impulse shall be between 100 % and 120 % of the value specified in Table 5.

b) The virtual total duration of the current impulse shall not exceed 150 % of the virtual duration of the peak.

c) Oscillations or initial overshoot shall not exceed 10 % of the peak of the current value. If oscillations occur, a mean curve shall be drawn for the determination of the peak value.

d) The energy for each impulse on each tested sample shall lie between 90 % and 110 % of the above calculated value for the first impulse and between 100 % and 110 % of this value for the following impulses.

The current generator shall be disconnected from the test sample later than once and earlier than twice the virtual total duration of the current impulses after passing through zero.

An example of a suitable test circuit is described in Annex I.

8.4.3 Long-duration current requirements for 5 000 A and 2 500 A arresters

The generator used in this test shall deliver a current impulse fulfilling the following requirements.

a) The virtual duration of the peak shall lie between 100 % and 120 % of the value specified in Table 6.

b) The virtual total duration shall not exceed 150 % of the virtual duration of the peak.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

c) Les oscillations ou le décrochement initial ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête du courant. S'il existe des oscillations, on déterminera la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.

d) Le courant de crête doit être compris entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée dans le Tableau 6 pour le premier choc et entre 100 % et 110 % de cette valeur pour les chocs suivants.

Tableau 6 – Prescriptions pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 A et 2 500 A

Classification des parafoudres A	Courant de crête A	Durée conventionnelle de la crête *T* µs
5 000	75	1 000
2 500	50	500

8.5 Essais de fonctionnement

8.5.1 Généralités

Dans ces essais, on reproduit les conditions de service, comme expliqué en 6.9, en appliquant au parafoudre un nombre fixé de chocs de courant spécifiés en association avec une source d'alimentation à fréquence industrielle de fréquence et de tension spécifiées. La tension doit être mesurée avec une précision de ±1 % et sa valeur de crête ne doit pas varier de plus de 1 % entre la valeur à vide et la valeur à pleine charge. Il convient que le rapport de la tension de crête à la valeur efficace ne s'éloigne pas de $\sqrt{2}$ de plus de 2 %. Pendant les essais de fonctionnement, il est souhaitable que la tension à fréquence industrielle ne s'écarte pas des valeurs spécifiées de plus de ±1 %.

L'exigence principale pour que le parafoudre passe avec succès ces essais est qu'il soit capable de se refroidir pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir d'emballement thermique. Les fractions de parafoudre en essai doivent donc avoir une capacité de dissipation de chaleur égale ou inférieure à celle du parafoudre complet tant en régime transitoire qu'en régime permanent (voir 8.5.3).

La séquence d'essai comprend

– des mesures initiales;
– un conditionnement;
– l'application des chocs;
– des mesures et examens.

Cette séquence est illustrée par les Figures 1, 2 et la Figure C.1.

L'essai doit être effectué, conformément à 7.2, 7.3 et 8.1, sur trois échantillons de parafoudres complets où de fractions de parafoudre à une température ambiante de 20 °C ± 15 K. La tension assignée de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV (sauf si la tension assignée du parafoudre est inférieure à cette valeur) mais sans dépasser nécessairement 12 kV. Si le parafoudre considéré comporte par construction un dispositif de déconnecteur/ indicateur de défaut, ces essais doivent être effectués avec le dispositif de déconnecteur/ indicateur de défaut en état de fonctionnement (voir 8.6).

Pour les parafoudres de tension assignée supérieure à 12 kV, il est habituellement nécessaire, en raison des limitations des installations d'essai existantes, d'effectuer cet essai sur une fraction de parafoudre. Il importe que la tension aux bornes de l'échantillon en essai et le courant à fréquence industrielle traversant l'échantillon représentent le mieux possible les conditions prévalant pour le parafoudre complet.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

c) Oscillations or initial overshoot shall not exceed 10 % of the peak current value. If oscillations occur, a mean curve shall be drawn for the determination of the peak value.

d) The peak current shall lie between 90 % and 110 % of the value specified in Table 6 for the first impulse and between 100 % and 110 % of this value for the following impulses.

Table 6 – Requirements for the long-duration current impulse test on 5 000 A and 2 500 A arresters

Arrester classification	Peak current A	Virtual duration of peak *T* µs
5 000 A	75	1 000
2 500 A	50	500

8.5 Operating duty tests

8.5.1 General

As explained in 6.9, these are tests in which service conditions are simulated by the application to the arrester of a stipulated number of specified impulses in combination with energization by a power supply of specified voltage and frequency. The voltage should be measured with an accuracy of ±1 % and its peak value is not allowed to vary by more than 1 % from no-load to full-load condition. The ratio of peak voltage to r.m.s. value should not deviate from $\sqrt{2}$ by more than 2 %. During the operating duty tests, the power frequency voltage should not deviate from the specified values by more than ±1 %.

The main requirement to pass these tests is that the arrester is able to cool down during the power-frequency voltage application, i.e. thermal runaway does not occur. It is required, therefore, that the arrester sections tested shall have both a transient and a steady-state heat-dissipation capability equal to or less than for the complete arrester (see 8.5.3).

The test sequence comprises

– initial measurements;
– conditioning;
– application of impulses;
– measurements and examination.

This sequence is illustrated in Figures 1 and 2 and in Figure C.1.

The test shall be made on three samples of complete arresters or arrester sections in accordance with 7.2, 7.3 and 8.1 at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not lower than this and need not exceed 12 kV. If an arrester disconnector/fault indicator is built into the design of arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector/fault indicator in operable condition, see 8.6.

For arresters rated above 12 kV it is usually necessary to make this test on an arrester section because of the limitations of existing test facilities. It is important that the voltage across the test sample and the power-frequency current through the sample represent as closely as possible the conditions in the complete arrester.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La puissance dissipée par les varistances constitue le paramètre critique pour que le parafoudre passe avec succès l'essai de fonctionnement. On doit donc effectuer l'essai de fonctionnement sur des varistances neuves avec des tensions d'essai majorées U_c^* et U_r^*, qui donnent les mêmes valeurs de puissance dissipée que des varistances vieillies sous la tension de régime permanent et sous la tension assignée. Ces tensions d'essai majorées doivent être déterminées à partir de l'essai de vieillissement accéléré de la manière décrite en 8.5.2.2.

La fraction de parafoudre essayée doit être soumise à des tensions égales à la tension de régime permanent (voir 3.9) et à la tension assignée (voir 3.8) du parafoudre complet divisées par le nombre total n de fractions semblables (voir 7.3). Ces tensions, U_{sc} égale à U_c/n et U_{sr} égale à U_r/n sont modifiées conformément à 8.5.2.2 pour obtenir les tensions d'essais majorées U_c^* et U_r^*.

NOTE La température de préchauffage de 60 °C ± 3 K spécifiée dans les Figures 1 et 2 est une moyenne pondérée qui tient compte de l'influence de la température ambiante, du rayonnement solaire ainsi que de certains effets de la pollution sur l'enveloppe du parafoudre.

8.5.2 Essai de vieillissement accéléré

Cet essai permet de déterminer les valeurs de tension majorées U_c^* et U_r^* qui sont utilisées pour les essais de fonctionnement (voir les Figures 1, 2 et le Tableau C.1) et permettront d'effectuer ces essais sur des résistances neuves.

NOTE Pour les résistances soumises à une tension proche de la tension de référence U_{ref}, une procédure d'essai alternative est à l'étude.

8.5.2.1 Procédures d'essai

Trois échantillons de résistances doivent être alimentés sous une tension égale à leur tension de service permanent corrigée U_{ct} (voir ultérieurement) pendant une durée de 1 000 h durant laquelle la température doit être régulée de façon que la température à la surface des résistances se maintienne à 115 °C ± 4 K.

Tous les matériaux (solides ou liquides) en contact direct avec les résistances doivent être présents lors de l'essai de vieillissement, avec une conception identique à celle du parafoudre complet.

Pendant ce vieillissement accéléré, la résistance doit se trouver dans le milieu utilisé dans le parafoudre. Dans ce cas, l'essai doit être effectué sur des résistances séparées dans une enceinte fermée dont le volume est au moins le double de celui de la résistance; la densité du milieu dans l'enceinte ne doit pas être inférieure à celle du milieu dans le parafoudre.

NOTE 1 Le milieu entourant la résistance à l'intérieur du parafoudre peut subir des modifications durant la vie normale du parafoudre en raison de décharges partielles internes. Une éventuelle modification du milieu entourant la résistance peut accroître de façon significative la puissance absorbée en service.

Une procédure d'essai appropriée prenant en compte de telles modifications est à l'étude. Entre-temps, une procédure alternative consiste à réaliser l'essai dans du N_2 ou du SF_6 (pour les parafoudres blindés) avec une concentration d'oxygène faible (moins de 0,1 % en volume). Cela assure que, même en l'absence totale d'oxygène, le parafoudre ne vieillira pas.

Si le constructeur peut prouver que l'essai effectué à l'air libre est équivalent à celui effectué dans le milieu réel, l'essai de vieillissement pourra être effectué à l'air libre. La tension appropriée pour cet essai est la tension de service permanent corrigée (U_{ct}) à laquelle sont soumises les résistances dans le parafoudre, en tenant compte des effets de déséquilibre de tension. Il convient que cette tension soit déterminée par des calculs ou des mesures de répartition de tension.

NOTE 2 Des informations sur les procédures utilisables pour le calcul de la répartition de tension sont données à l'Annexe L.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The critical arrester parameter for successfully passing the operating duty test is the resistor power loss. The operating duty test shall, therefore, be carried out on new resistors at elevated test voltages U_c^* and U_r^* that give the same power losses as aged resistors at continuous operating and rated voltage respectively. These elevated test voltages shall be determined from the accelerated ageing procedure in the way described in 8.5.2.2.

The power-frequency test voltages to be applied to the test arrester section shall be the continuous operating (see 3.9) and rated (see 3.8) voltages of the complete arrester divided by the total number of similar arrester sections n (see 7.3). These voltages, U_{sc} equal to U_c/n and U_{sr} equal to U_r/n are modified according to 8.5.2.2 to establish the elevated test voltages U_c^* and U_r^*.

NOTE The established preheat temperature of 60 °C ± 3 K specified in Figures 1 and 2 is a weighted average that covers the influence of ambient temperature, solar radiation and some influence of pollution on the arrester housing.

8.5.2 Accelerated ageing procedure

This test procedure is designed to determine the voltage values U_c^* and U_r^* used in the operating duty tests (see Figures 1 and 2 and Table C.1) which will allow those tests to be carried out on new resistors.

NOTE An alternate test procedure for resistors stressed close to or above the reference voltage U_{ref} is under consideration.

8.5.2.1 Test procedure

Three resistor samples shall be stressed at a voltage equal to the corrected maximum continuous operating voltage U_{ct} (see below) of the sample for 1 000 h, during which the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the resistor at 115 °C ± 4 K.

All material (solid or liquid) in direct contact with the resistors shall be present during the ageing test with the same design as used in the complete arrester.

During this accelerated ageing, the resistor shall be in the surrounding medium used in the arrester. In this case, the procedure shall be carried out on single resistors in a closed chamber where the volume of the chamber is at least twice the volume of the resistor and where the density of the medium in the chamber shall not be less than the density of the medium in the arrester.

NOTE 1 The medium surrounding the resistor within the arrester may be subject to a modification during the normal life of the arrester due to internal partial discharges. Possible change of the medium surrounding the resistor in the field can significantly increase the power losses.

A suitable test procedure taking into account such modifications is under consideration. During this time an alternative procedure consists in performing the test in N_2 or SF_6 (for GIS-arresters) with a low oxygen concentration (less than 0,1 % in volume). This ensures that even in the total absence of oxygen, the arrester will not age.

If the manufacturer can prove that the test carried out in the open air is equivalent to that carried out in the actual medium, the ageing procedure can be carried out in the open air. The relevant voltage for this procedure is the corrected maximum continuous operating voltage (U_{ct}), which the resistors support in the arrester including voltage unbalance effects. This voltage should be determined by voltage distribution measurements or computations.

NOTE 2 Information on procedures for voltage distribution calculations are given in Annex L.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Pour les parafoudres de longueur H inférieure à 1 m, à l'exception de ceux à enveloppe conductrice et mise à la terre tels les parafoudres blindés, immergés, débrochables et pour prise, la tension peut être déterminée à partir de la formule suivante:

$$U_{ct} = U_c\ (1 + 0{,}15\ H)$$

où H est la longueur totale du parafoudre (m).

L'essai de vieillissement décrit ci-dessus doit être effectué sur trois échantillons types de résistances dont la tension de référence doit répondre aux prescriptions de 7.3. La tension à fréquence industrielle doit correspondre aux prescriptions des essais de fonctionnement (voir 8.5.1).

8.5.2.2 Détermination des valeurs majorées de la tension assignée et de la tension de régime permanent

Les trois échantillons en essai doivent être chauffés jusqu'à une température de 115 °C ± 4 K et la puissance absorbée par les résistances P_{1ct} doit être mesurée à la tension U_{ct} 1 h à 2 h après l'application de la tension. La puissance absorbée par les résistances doit être mesurée une fois dans chaque intervalle de 100 h après la première mesure donnant P_{1ct}. Enfin, la puissance absorbée par les résistances P_{2ct} doit être mesurée après $1\,000\,^{+100}_{0}$ h de vieillissement dans les mêmes conditions. Une mise hors tension intermédiaire accidentelle de l'échantillon en essai est acceptable, à condition qu'elle n'excède pas une durée totale de 24 h pour toute la période d'essai. Cette interruption de l'essai ne doit pas être comptée dans le temps d'essai. Il convient que la mesure finale soit faite après une application de la tension d'une durée au moins égale à 100 h. Dans la gamme de température admise, toutes les mesures doivent être faites à la même température à ±1 K près.

La valeur minimale de la puissance absorbée parmi les valeurs mesurées au moins toutes les 100 h est appelée P_{3ct}. Cela est récapitulé à la Figure 3.

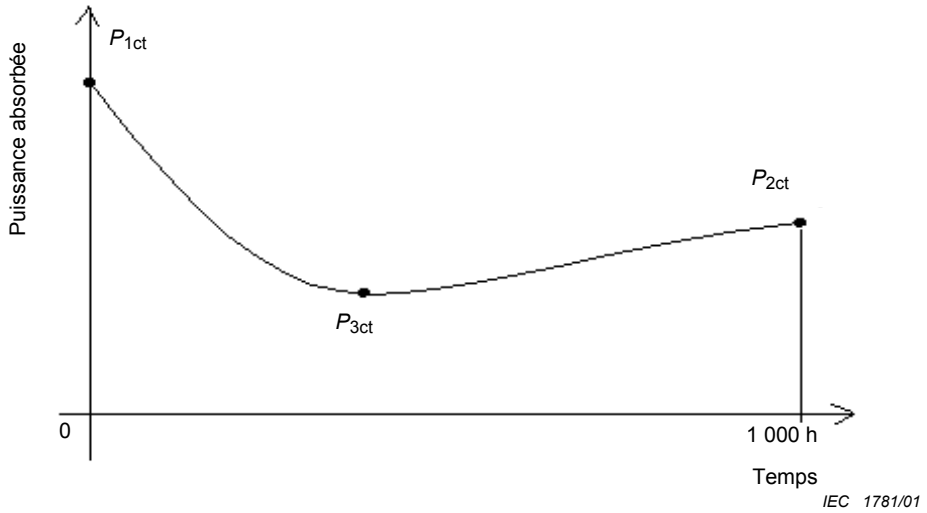


Figure 3 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

For arresters with a length H of less than 1 m, except for arresters with conductive, grounded enclosures such as GIS-arresters, liquid-immersed, dead-front or separable arresters, the voltage may be determined from the following formula:

$$U_{ct} = U_c\ (1 + 0{,}15\ H)$$

where H is the total length of the arrester (m).

The ageing procedure described above shall be carried out on three typical samples of resistor elements with a reference voltage fulfilling the requirements of 7.3. The power frequency voltage shall fulfil the requirements stated for the operating duty test (see 8.5.1).

8.5.2.2 Determination of elevated rated and continuous operating voltages

The three test samples shall be heated to 115 °C ± 4 K and the resistor power losses P_{1ct} shall be measured at a voltage of U_{ct} 1 h to 2 h after the voltage application. The resistor power losses shall be measured once in every 100 h time span after the first measurement giving P_{1ct}. Finally, the resistor power losses P_{2ct} shall be measured after $1\,000\,^{+100}_{0}$ h of ageing under the same conditions. Accidental intermediate de-energizing of the test samples, not exceeding a total duration of 24 h during the test period is permissible. The interruption will not be counted in the duration of the test. The final measurement should be performed after not less than 100 h of continuous energizing. Within the temperature range allowed, all measurements shall be made at the same temperature ±1 K.

The minimum power losses value among those measured at least every 100 h time span shall be called P_{3ct}. This is summarized in Figure 3.

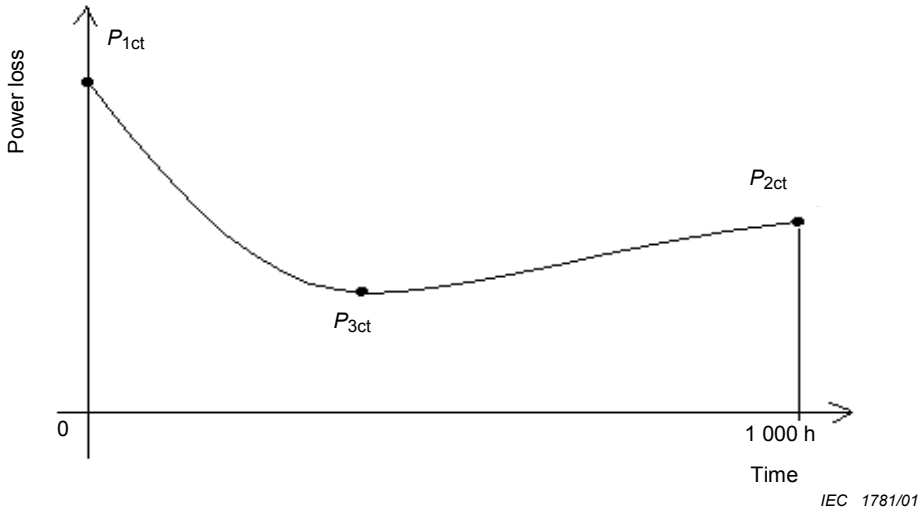


Figure 3 – Power losses of the arrester at elevated temperatures versus time

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- Si P_{2ct} est inférieure ou égale à 1,1 fois P_{3ct}, les essais décrits en 8.5.4.2 et 8.5.5.2 doivent être réalisés sur des résistances neuves
  - si P_{2ct} est inférieure ou égale à P_{1ct}, U_{sc} et U_{sr} sont utilisées sans majoration;
  - si P_{2ct} est supérieure à P_{1ct}, le rapport P_{2ct}/P_{1ct} est déterminé pour chaque échantillon. Le plus élevé de ces rapports est appelé K_{ct}. On mesure ensuite sur trois résistances neuves, à température ambiante, les puissances absorbées P_{1c} et P_{1r} respectivement à U_{sc} et U_{sr}. Puis on élève les tensions de façon que les puissances correspondantes P_{2c} et P_{2r} obéissent à la relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}\,;\ \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

  Les valeurs majorées U_c* et U_r* sont respectivement les plus élevées parmi les trois valeurs des tensions ainsi obtenues. Alternativement, des résistances vieillies peuvent aussi être utilisées après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

- Si P_{2ct} est supérieure à 1,1 fois P_{3ct} et si P_{2ct} est supérieure ou égale à P_{1ct}, les essais décrits en 8.5.4.2 et 8.5.5.2 doivent être effectués sur des résistances vieillies. Des résistances neuves avec valeurs majorées U_c* et U_r* peuvent être utilisées, mais seulement après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les résistances vieillies sont, par définition, des résistances essayées selon 8.5.2.1.

Le Tableau 7 suivant résume ces cas.

Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées

Puissances absorbées mesurées	Echantillons et tensions d'essai pour les essais de fonctionnement
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} > P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc}* et U_{sr}*
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} < P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr} (ou échantillons neufs à U_{sc}* et U_{sr}* après accord entre l'utilisateur et le constructeur)

Quand des résistances vieillies sont utilisées pour les essais de fonctionnement, il est recommandé que l'intervalle de temps entre l'essai de vieillissement et les essais de fonctionnement soit inférieur à 24 h.

Il convient que la durée des mesures soit suffisamment courte pour éviter une augmentation de la puissance absorbée en raison de l'échauffement.

8.5.2.3 Procédure d'essai pour les éléments de résistance soumis à des contraintes à une valeur supérieure ou égale à la tension de référence

Si la valeur de U_{ct} est proche de, ou supérieure à celle de la tension de référence, il peut ne pas être possible d'effectuer un essai de vieillissement accéléré sous U_{ct} en raison de la dépendance extrême en tension pour les puissances absorbées et la stabilité de la source de tension disponible. Si $U_{ct} \geq 0{,}95 * U_{ref}$ et s'il n'est pas possible d'effectuer un essai de vieillissement accéléré selon 8.5.2.1, cette procédure d'essai alternative doit s'appliquer et elle remplace 8.5.2.1 et 8.5.2.2.

NOTE Pour fournir une vue d'ensemble et aider à la compréhension de la procédure, les étapes nécessaires sont les suivantes:

1) Calculer la puissance absorbée P_{ct} pour la résistance subissant la contrainte la plus élevée (à T_a = 40 °C et $U = U_c$).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- If P_{2ct} is equal to, or below, 1,1 times P_{3ct}, then the test according to 8.5.4.2 and 8.5.5.2 shall be performed on new resistors

– if P_{2ct} is equal to, or less than, P_{1ct}, U_{sc} and U_{sr} are used without any modification;

– if P_{2ct} is greater than P_{1ct}, the ratio P_{2ct}/P_{1ct} is determined for each sample. The highest of these three ratios is called K_{ct}. On three new resistors at ambient temperature, the power losses P_{1c} and P_{1r} are measured at U_{sc} and U_{sr} respectively. Thereafter, the voltages are increased so that the corresponding power losses P_{2c} and P_{2r} fill the relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct};\ \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* and U_r^* are the highest of the three increased voltages obtained. As an alternative, aged resistors may also be used after agreement between the user and the manufacturer.

- If P_{2ct} is greater than 1,1 times P_{3ct}, and P_{2ct} is greater than or equal to P_{1ct} then aged resistors shall be used for the following tests of 8.5.4.2 and 8.5.5.2. New resistors with corrected values U_c^* and U_r^* can be used, but only after agreement between the user and the manufacturer.

Aged resistors are, by definition, resistors tested according to 8.5.2.1.

Table 7 summarizes these cases.

Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages

Power losses measured	Test samples and test voltage for the operating duty test
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	New samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} > P_{1ct}$	New samples at U_{sc}* and U_{sr} *
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} < P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr} (or new samples at U_{sc}* and U_{sr} * after agreement between the user and the manufacturer)

Where aged resistors are used in the operating duty test, it is recommended that the time delay between the ageing test and the operating duty test be not more than 24 h.

The measuring time should be short enough to avoid increased power loss due to heating.

8.5.2.3 Test procedure for resistor elements stressed at or above the reference voltage

If U_{ct} is close to or above the reference voltage, it may not be possible to perform an accelerated ageing test at U_{ct}, due to the extreme voltage dependence for the power losses and stability of available voltage source. If $U_{ct} \geq 0{,}95 * U_{ref}$ and if it is not possible to perform an accelerated ageing test according to 8.5.2.1, this alternative test procedure shall apply and replaces 8.5.2.1 and 8.5.2.2.

NOTE To provide an overview and to serve as an aid to understanding the procedure, the steps required are as follows.

1) Calculate power loss, P_{ct}, for the highest stressed resistor (at T_a = 40 °C and $U = U_c$).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

2) Déterminer la température d'état stable T_{st} pour la partie du parafoudre soumise à la contrainte la plus élevée en utilisant une des trois procédures alternatives de 8.5.2.3.1.

3) A une tension U_{ct}, déterminer le rapport k_x de la puissance absorbée à 115 °C sur la puissance absorbée à T_{st} pour le type des éléments de résistance utilisés.

4) Effectuer un essai de vieillissement accéléré à la puissance absorbée constante $k_x * P_{ct}$.

5) Réaliser des mesures de la puissance absorbée à intervalles de temps spécifiés.

6) Si T_{st} > 60 °C, augmenter la température ou la durée de l'essai.

7) Evaluer les puissances absorbées de l'étape 5) selon 8.5.2.3.3.

8.5.2.3.1 Détermination des paramètres d'essai

Calculer les puissances absorbées, P_{ct}, par élément de résistance à la température ambiante maximale de 40 °C avec le parafoudre sous une tension U_c, pour la résistance subissant la contrainte de tension la plus élevée selon l'Annexe L y compris l'effet du courant résistif.

NOTE 1 Pour les parafoudres débrochables et immergés, les températures ambiantes maximales applicables sont respectivement 65 °C et 95 °C.

Choisir une des 3 procédures d'essai suivantes pour déterminer la température d'état stable, T_{st}, de la partie du parafoudre qui subit la contrainte la plus élevée à la température ambiante maximale:

NOTE 2 Les procédures d'essai sont considérées comme conservatrices par ordre croissant de 1 à 3.

1. A une température ambiante de 25 °C ± 10 K, mettre le parafoudre complet sous la tension U_c déclarée jusqu'à l'obtention des conditions de température d'état stable. La température doit être mesurée sur les éléments de résistance, en 5 points espacés de la manière la plus régulière possible sur la portion de 20 % subissant la contrainte la plus élevée de la longueur de chaque colonne de parafoudre. Si cette portion de 20 % contient moins de 5 éléments de résistance, le nombre de points de mesure peut être limité à un point sur chaque élément de résistance. L'augmentation moyenne de la température au-dessus de la température ambiante des éléments de résistance doit être ajoutée à la température ambiante maximale pour obtenir la température T_{st}.
2. A la température ambiante maximale, mettre sous tension une fraction thermiquement proportionnelle pour le type de parafoudre à un niveau de tension qui donne les mêmes puissances absorbées par élément de résistance que celles déterminées ci-dessus. Maintenir les puissances absorbées à une valeur constante en ajustant la tension si nécessaire. Mesurer la température des résistances dans les conditions stables et calculer la température d'état stable moyenne, qui est réglée comme étant égale à T_{st}.
3. A une température ambiante de 25 °C ± 10 K, mettre sous tension une fraction thermiquement proportionnelle pour le type de parafoudre à un niveau de tension qui donne les mêmes puissances absorbées par élément de résistance que celles déterminées ci-dessus. Maintenir les puissances absorbées à une valeur constante en ajustant la tension si nécessaire. Mesurer la température des résistances dans les conditions stables et calculer l'augmentation moyenne de la température d'état stable, ΔT_{st}, au-delà de la température ambiante. Déterminer la température T_{st} en ajoutant ΔT_{st} à la température ambiante maximale.

La fraction distribuée au *prorata* doit représenter le comportement thermique stable du parafoudre complet.

NOTE 3 Cette fraction peut ne pas être nécessairement la même que celle utilisée pour l'essai de fonctionnement.

A une tension U_{ct}, déterminer le rapport k_x des puissances absorbées à 115 °C sur la puissance absorbée à T_{st} pour le type des éléments de résistance utilisés. Pour cet essai, la source de tension doit satisfaire aux exigences de 8.5.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

2) Determine the steady-state temperature, T_{st}, for the highest stressed part of the arrester by using one of the three alternative procedures of 8.5.2.3.1.

3) At a voltage U_{ct}, determine the ratio, k_x, of power loss at 115 °C to power loss at T_{st} for the type of resistor elements used.

4) Perform an accelerated ageing test at constant power loss, $k_x * P_{ct}$.

5) Interrupt the test for a short time and take measurements of power loss at specified time intervals.

6) If T_{st} > 60 °C, increase test temperature or test time.

7) Evaluate the power losses of step 5) according to 8.5.2.3.3.

8.5.2.3.1 Determination of test parameters

Calculate the power losses, P_{ct}, per resistor element at the maximum ambient temperature of 40 °C with the arrester energized at U_c, for the highest voltage stressed resistor according to Annex L including the effect of the resistive current.

NOTE 1 For dead-front and liquid-immersed arresters, 65 °C and 95 °C, respectively, apply as maximum ambient temperatures.

Select one of the three following test procedures to determine the steady-state temperature, T_{st}, of the most stressed part of the arrester at maximum ambient temperature.

NOTE 2 The test procedures are considered to be conservative in increasing order from 1 to 3.

1. At an ambient temperature of 25 °C ± 10 K, energize the complete arrester at the claimed U_c until steady-state temperature conditions have been attained. The temperature shall be measured on resistor elements, at five points as evenly spaced as possible over the most highly stressed 20 % portion of the length of each column of the arrester. If this 20 % portion contains less than five resistor elements, the number of measuring points may be limited to one point on each resistor element. The average temperature rise above ambient of the resistor elements shall be added to the maximum ambient temperature to obtain the temperature T_{st}.
2. At the maximum ambient temperature, energize a thermally pro-rated section representative for the arrester type at a voltage level, which results in the same power losses per resistor element as determined above. Keep the power losses constant by adjusting the voltage if necessary. Measure the temperature of the resistors in steady-state condition and calculate the average steady-state temperature, which is set equal to $T_{st.}$
3. At an ambient temperature of 25 °C ± 10 K, energize a thermally pro-rated section representative for the arrester type at a voltage level which results in the same power losses per resistor element as determined above. Keep the power losses constant by adjusting the voltage if necessary. Measure the temperature of the resistors in steady-state condition and calculate the average steady-state temperature rise, ΔT_{st}, above ambient. Determine the temperature, T_{st} ,by adding ΔT_{st} to the maximum ambient temperature.

The prorated section shall represent the steady-state thermal behaviour of the complete arrester.

NOTE 3 The section may not necessarily be the same as that used for the operating duty test.

At a voltage U_{ct}, determine the ratio, k_x, of power losses at 115 °C to power losses at T_{st} for the type of resistor elements used. For this test the voltage source shall fulfil the requirements according to 8.5.1.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.2.3.2 Procédure d'essai

Trois échantillons de résistances doivent être soumis à des puissances absorbées constantes égales à $k_x * P_{ct}$ (tolérances $^{+30}_{0}$ %) pendant 1 000 h. Au cours de l'essai, la température doit être contrôlée pour maintenir la température de surface de la résistance à la température d'essai exigée $T_t \pm 4$ K. Il faut que la tension d'essai appliquée au début de l'essai ne soit pas inférieure à $0{,}95 * U_{ct}$.

Si la température T_{st} est égale ou inférieure à 60 °C, T_t doit être de 115 °C. Si T_{st} est supérieure à 60 °C, la température d'essai ou la durée d'essai doivent être augmentées comme suit:

a) Augmentation de la température d'essai

$T_t = 115 + (T_{st} - T_{a,max} - \Delta T_n)$

où

T_t est la température d'essai en °C ;

T_{st} eat la température d'état stable des résistances en °C ;

$T_{a,max}$ est la température ambiante maximale en °C ;

$\Delta T_n = 20$.

NOTE 1 Pour les parafoudres immergés $\Delta T_n = 25$ K, compte tenu de l'exigence qui prévoit que la température de départ de l'essai de fonctionnement pour ces parafoudres (120 °C) est supérieure de 25 K à la température ambiante maximale (95 °C), tandis que pour d'autres parafoudres, la différence entre la température de départ de l'essai de fonctionnement et la température ambiante maximale est de 20 K.

b) Augmentation de la durée d'essai

$t = t_0 * 2{,}5^{\Delta T/10}$

où

t est la durée d'essai en h ;

t_0 = 1 000 h ;

ΔT est la température supérieure à 60 °C.

NOTE 2 Pour les parafoudres débrochables et immergés, t_0 est égal à 2 000 h et 7 000 h respectivement et ΔT est la température supérieure à 85 °C et 120 °C respectivement.

8.5.2.3.3 Détermination des tensions assignées et de service permanent majorées

Les trois échantillons en essai doivent être portés à la température $T_t \pm 4$ K et soumis aux puissances absorbées constantes $k_x * P_{ct}$. Une à deux heures après l'application de la tension, celle-ci est réglée sur une valeur dans la gamme de $0{,}95 * U_{ct}$ à U_{ct} et les puissances absorbées, P_{1ct}, sont mesurées. Au cours de l'essai, après 30 %, 50 % et 70 % de la durée d'essai, la mesure des puissances absorbées est répétée dans les mêmes conditions de température et de tension. Les valeurs de puissance absorbée minimales à ces moments sont désignées P_{3ct}. A la fin de l'essai de vieillissement, les puissances absorbées P_{2ct} sont déterminées dans les mêmes conditions de température de bloc et à la même tension.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.2.3.2 Test procedure

Three resistor samples shall be subjected to constant power losses equal to $k_x * P_{ct}$ (tolerance $^{+30}_{0}$ %) for 1 000 h. During the test, the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the resistor at the required test temperature $T_t \pm 4$ K. The applied test voltage at the start of the test shall be not less than $0{,}95 * U_{ct}$.

If the temperature, T_{st}, is equal to or below 60 °C, T_t shall be 115 °C. If T_{st} is above 60 °C, either the test temperature or the testing time shall be increased as follows.

a) Increase of the test temperature

$$T_t = 115 + (T_{st} - T_{a,max} - \Delta T_n)$$

where

T_t is the test temperature in °C;

T_{st} is the steady-state temperature of the resistors in °C;

$T_{a,max}$ is the maximum ambient temperature in °C;

ΔT_n = 20 K.

NOTE 1 For liquid-immersed arresters ΔT_n = 25 K, which results from the requirement that the operating duty test starting temperature for these arresters (120 °C) is 25 K above the maximum ambient temperature (95 °C), while for other arresters the difference between the operating duty test starting temperature and the maximum ambient temperature is 20 K.

b) Increase of the testing time

$$t = t_0 * 2{,}5^{\Delta T/10}$$

where

t is the testing time in h;

t_0 = 1 000 h;

ΔT is the temperature above 60 °C.

NOTE 2 For dead-front and liquid-immersed arresters, t_0 is 2 000 h and 7 000 h, respectively, and ΔT is the temperature above 85 °C and 120 °C, respectively.

8.5.2.3.3 Determination of elevated rated and continuous operating voltages

The three test samples shall be heated to $T_t \pm 4$ K and subjected to the constant power losses $k_x * P_{ct}$. One to two hours after the voltage application, the voltage is adjusted to a voltage in the range $0{,}95 * U_{ct}$ to U_{ct} and the power losses, P_{1ct}, are measured. During the test, after 30 %, 50 % and 70 % of the testing time, the measurement of power losses is repeated under the same conditions with respect to temperature and voltage. The minimum power loss values at these times are designated as P_{3ct}. At the end of the ageing test, under the same conditions with regard to block temperature and at the same voltage, the power losses P_{2ct} are determined.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- Si P_{2ct} est égale ou inférieure à 1,1 fois P_{3ct}, alors l'essai selon 8.5.4 et 8.5.5 doit être réalisé sur de nouvelles résistances:
  - si P_{2ct} est égale ou inférieure à P_{1ct}, U_{sc} et U_{sr} sont utilisées sans modification;
  - si $P_{2ct} > P_{1ct}$, le rapport P_{2ct} / P_{1ct} est déterminé pour chaque échantillon. Le plus élevé de ces rapports est désigné K_{ct}. Sur trois nouvelles résistances à température ambiante, les puissances absorbées P_{1c} et P_{1r} sont mesurées à U_{sc} et U_{sr} respectivement. Ensuite, les tensions sont augmentées de telle sorte que les puissances absorbées correspondantes P_{2c} et P_{2r} remplissent la relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}\,; \qquad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

  U_c* et U_r* sont les plus élevées des trois tensions augmentées obtenues. Comme alternative, les résistances vieillies peuvent également être utilisées après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

- Si P_{2ct} est supérieure à 1,1 fois P_{3ct}, et que P_{2ct} est supérieure ou égale à P_{1ct} alors des résistances vieillies doivent être utilisées pour l'essai suivant de 8.5.4 et 8.5.5. De nouvelles résistances avec des valeurs corrigées U_c* et U_r* peuvent être utilisées, mais uniquement après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les résistances vieillies sont, par définition, les résistances soumises aux essais selon 8.5.2.3.2.

Ces cas sont résumés au Tableau 7.

Lorsque des résistances vieillies sont utilisées dans l'essai de fonctionnement, il est recommandé que le laps de temps entre l'essai de vieillissement et l'essai de fonctionnement ne soit pas supérieur à 24 h.

Il convient que la durée de mesure soit suffisamment courte pour éviter l'augmentation des puissances absorbées par échauffement.

8.5.3 Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon en essai

8.5.3.1 Généralités

Dans les essais de fonctionnement, le comportement de l'échantillon en essai est, dans une large mesure, fonction de sa capacité à dissiper la chaleur, c'est-à-dire à se refroidir à la suite d'une contrainte de décharge.

En conséquence, pour que l'essai apporte des renseignements corrects, les échantillons en essai doivent avoir une capacité de dissipation de chaleur et une chaleur massique équivalentes à celles du parafoudre complet, tant en régime transitoire qu'en régime permanent. En principe, quand elles sont soumises à la même contrainte de tension dans les mêmes conditions ambiantes, les résistances variables à oxyde métallique doivent atteindre la même température dans l'échantillon et dans le parafoudre complet.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- If P_{2ct} is equal to or below 1,1 times P_{3ct}, then the test according to 8.5.4 and 8.5.5 shall be performed on new resistors:
  - if P_{2ct} is equal to or less than P_{1ct}, U_{sc} and U_{sr} are used without any modification;
  - if $P_{2ct} > P_{1ct}$, the ratio P_{2ct}/P_{1ct} is determined for each sample. The highest of these ratios is called K_{ct}. On three new resistors at ambient temperature, the power losses P_{1c} and P_{1r} are measured at U_{sc} and U_{sr}, respectively. Thereafter, the voltages are increased so that the corresponding power losses P_{2c} and P_{2r} fill the relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}\,; \qquad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

  U_c* and U_r* are the highest of the three increased voltages obtained. As an alternative, aged resistors may also be used after agreement between the user and the manufacturer.
- If P_{2ct} is greater than 1,1 times P_{3ct}, and P_{2ct} is greater than or equal to P_{1ct}, then aged resistors shall be used for the following test of 8.5.4 and 8.5.5. New resistors with corrected values U_c* and U_r* can be used, but only after agreement between the user and the manufacturer.

Aged resistors are, by definition, resistors tested according to 8.5.2.3.2.

These cases are summarized in Table 7.

Where aged resistors are used in the operating duty test, it is recommended that the time delay between the ageing test and the operating duty test be not more than 24 h.

The measuring time should be short enough to avoid increased power loss due to heating.

8.5.3 Heat dissipation behaviour of test sample

8.5.3.1 General

In the operating duty tests the behaviour of the test sample is to a great extent dependent on the ability of the sample to dissipate heat, i.e. to cool down after being stressed by a discharge.

Consequently, the test samples shall have a transient and a steady-state heat dissipation capability and heat capacity equivalent to the complete arrester if correct information is to be obtained from the test. For the same ambient conditions the non-linear metal-oxide resistors in the sample and in the complete arrester should in principle reach the same temperature when subjected to the same voltage stress.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.3.2 Prescriptions pour les fractions de parafoudre

Le présent paragraphe spécifie un modèle thermique pour les fractions de parafoudre et doit être appliqué s'il est prescrit d'établir l'équivalence thermique.:

a) Le modèle doit simuler, électriquement et thermiquement, une tranche de la partie active du parafoudre à modéliser.

b) L'enveloppe doit répondre aux prescriptions suivantes:

   1) le matériau doit être le même que celui de l'enveloppe du parafoudre;

   2) le diamètre intérieur doit être le même que celui du parafoudre ±5 %;

   3) la masse totale de l'enveloppe ne doit pas dépasser de plus de 10 % la masse de la fraction d'enveloppe moyenne du parafoudre à modéliser;

   4) l'enveloppe doit être suffisamment longue pour contenir la fraction de parafoudre; la quantité de matériau isolant aux deux extrémités doit être réglée de façon à satisfaire aux exigences thermiques décrites dans l'Annexe B.

c) Le conducteur utilisé pour les connexions électriques de l'échantillon est un fil de cuivre dont le diamètre maximal est de 3 mm.

8.5.4 Essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude

Cet essai s'applique aux parafoudres 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A de classe de décharge de ligne 1 ainsi qu'aux parafoudres pour courants de foudre élevés décrits dans l'Annexe C, conformément à 6.9.

La séquence d'essai complète est représentée par la Figure 1 ou la Figure C.1.

Avant l'essai de conditionnement, la première partie de l'essai de fonctionnement consiste à déterminer, à la température ambiante, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge des trois échantillons essayés (varistances) (voir 8.3.2).

8.5.4.1 Conditionnement

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement comportant 20 chocs de courant de foudre 8/20 selon 3.17 et dont la valeur de crête est égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon d'essai est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. L'application des 20 chocs se fait en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps séparant les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant doit être de la même polarité que la demi-période de tension à la fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

Cet essai de conditionnement peut être effectué sur les varistances à l'air libre immobile à une température de 20 °C ± 15 K. La valeur de crête mesurée du choc de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

Après l'essai de conditionnement, les varistances sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans les essais de fonctionnement (voir la Figure 1 et la Figure C.1).

8.5.4.2 Application des chocs

Au début de l'essai de fonctionnement, la température de la fraction complète doit être de 20 °C ± 15 K.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.3.2 Arrester section requirements

This subclause specifies a thermal model of the arrester section and shall be followed when thermal equivalence is required.

a) The model shall electrically and thermally represent a sliced portion of the active part of the arrester being modelled.
b) The housing shall meet the following requirements:
   1) the material shall be the same as that of the arrester housing;
   2) the inside diameter shall be the same as that of the arrester ±5 %;
   3) the total mass of the housing shall not be more than 10 % greater than the mass of the average housing section of the arrester being modelled;
   4) the housing shall be long enough to enclose the arrester section, and the amount of insulation at the two ends shall be adjusted so as to meet the thermal requirements described in Annex B.
c) The maximum conductor size used for electrical connections within the sample is a copper wire of 3 mm in diameter .

8.5.4 High current impulse operating duty test

This test applies to 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A and 10 000 A line discharge Class 1 arresters and high lightning duty arresters in Annex C, according to 6.9.

The complete test sequence is illustrated in Figure 1 or in Figure C.1.

Before the conditioning test, as the first part of the operating duty test, the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each of the three test samples (resistor elements) is determined at ambient temperature (see 8.3.2).

8.5.4.1 Conditioning

The samples are exposed to a conditioning test consisting of 20 8/20 lightning current impulses according to 3.17 and having a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The 20 impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half-cycle of power-frequency voltage during which it occurs, and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power-frequency voltage.

This conditioning test may be carried out on the resistor elements in open air at a still air temperature of 20 °C ± 15 K. The measured peak value of the current impulse shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

After this conditioning test, the resistors are stored for future use in the operating duty tests (see Figure 1 and Figure C.1).

8.5.4.2 Application of impulses

At the beginning of the operating duty test the temperature of the complete section shall be 20 °C ± 15 K.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

On soumet la fraction à deux chocs de courant de grande amplitude dont la valeur de crête et la forme d'onde sont spécifiées dans le Tableau 8. On soumet les parafoudres pour courants de foudre élevés spécifiés dans l'Annexe C à trois chocs 30/80 dont la valeur de crête est 40 kA.

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude

Classification des parafoudres	**Courant de crête 4/10** kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE Selon les conditions de service, on pourra adopter pour le courant de crête des valeurs différentes (inférieures ou supérieures).	

Entre les deux chocs, la fraction doit être préchauffée dans une étuve de façon que la température au moment d'application du deuxième choc soit de 60 °C ± 3 K. Les essais doivent être effectués à la température ambiante de 20 °C ± 15 K.

Si, en raison d'une pollution élevée ou de conditions de service anormales, une température plus élevée est jugée nécessaire, la valeur plus élevée doit être utilisée pour l'essai à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai pour les courants de choc doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre les limites suivantes:

a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;

b) durée conventionnelle du front comprise entre 3,5 μs et 4,5 μs;

c) durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue comprise entre 9 μs à 11 μs;

d) la valeur de crête de toute onde de courant de la polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;

e) on admet la présence sur l'onde de petites oscillations à condition que leur amplitude au voisinage de la crête du choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, pour les besoins des mesures, on établit une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

L'essai de conditionnement et les chocs de courant de grande amplitude qui le suivent doivent être appliqués avec la même polarité.

Un circuit type pouvant être utilisé pour cet essai est décrit dans l'Annexe H.

Dès que possible après le dernier choc de courant de grande amplitude et avant que 100 ms ne se soient écoulées, on applique une tension à fréquence industrielle égale aux valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) (voir 8.5.2) pendant une durée de 10 s et de 30 min respectivement, pour mettre en évidence la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de grande amplitude est appliqué de préférence pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Le délai de 100 ms est admis en considérant les limitations pratiques du circuit d'essai.

On doit enregistrer le courant à chaque choc et les différents enregistrements de courant effectués sur un même échantillon ne doivent mettre en évidence aucune variation indiquant une perforation ou un contournement de l'échantillon.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The section is subjected to two high current impulses with peak value and impulse shape as specified in Table 8. High lightning duty arresters specified in Annex C are subjected to three 30/80 impulses with a peak value of 40 kA.

Table 8 – Requirements for high current impulses

Arrester classification	Peak current 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE According to service conditions, other values (lower or higher) may be adopted for the peak current.	

Between the two impulses the section shall be preheated in an oven so that the temperature at the application of the second impulse is 60 °C ± 3 K. The tests shall be carried out at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value is used for the test if agreed to between manufacturer and purchaser.

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

a) from 90 % to 110 % of the specified peak value;

b) from 3,5 μs to 4,5 μs for virtual front time;

c) from 9 μs to 11 μs for virtual time to half-value on the tail;

d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;

e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The conditioning test and the following high current impulses shall be applied at the same polarity.

Annex H describes a typical test circuit which may be used.

As soon as possible, but not later than 100 ms after the last high current impulse, a power-frequency voltage equal to the elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*) (see 8.5.2) shall be applied for a time period of 10 s and 30 min, respectively, to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE To reproduce actual system conditions the second high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitations in the test circuit.

The current shall be recorded in each impulse and the current records from the same sample should show no difference that indicates puncture or flashover of the sample.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Le courant à la valeur majorée de la tension de régime permanent (U_C^*) doit être enregistré de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique (voir 8.5.6).

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début des essais.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

8.5.5 Essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre

Cet essai s'applique aux parafoudres 10 000 A des classes de décharge de ligne 2 et 3 ainsi qu'aux parafoudres 20 000 A des classes de décharge de ligne 4 et 5, conformément à 6.9.

La séquence d'essai complète est représentée par la Figure 2.

Avant l'essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre, on doit déterminer, à la température ambiante, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge de chacun des trois échantillons d'essai (varistances) (voir 8.3.2).

Les échantillons d'essai doivent être convenablement repérés afin d'assurer la polarité correcte de l'application décrite aux paragraphes suivants.

8.5.5.1 Conditionnement

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement dont la première partie se compose de 20 chocs de courant 8/20 selon 3.17 avec une valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. Les 20 chocs sont appliqués en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps entre les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant doit être de la même polarité que la demi-période de tension à fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

La première partie du conditionnement peut être effectuée sur les varistances à l'air libre immobile à la température de 20 °C ± 15 K.

La deuxième partie du conditionnement consiste à appliquer deux chocs de courant de grande amplitude 100 kA 4/10 (voir 3.31). La valeur de crête mesurée des chocs de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

Après ce conditionnement, les fractions sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans l'essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The current at the elevated continuous operating voltage (U_C^*) shall be registered continuously during the power-frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power-frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway (see 8.5.6).

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %, and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

8.5.5 Switching surge operating duty test

This test applies to 10 000 A line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A line discharge Classes 4 and 5 arresters according to 6.9.

The complete test sequence is illustrated in Figure 2.

Before the switching surge operating duty test the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each of the three test samples (resistor elements) is determined at ambient temperature (see 8.3.2).

The test samples shall be suitably marked to ensure the correct polarity of application in the following subclauses.

8.5.5.1 Conditioning

The samples are exposed to a conditioning test, the first part of which consists of 20 8/20 current impulses according to 3.17 and a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The 20 impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half-cycle of power-frequency voltage during which it occurs, and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power-frequency voltage.

This first part of the conditioning may be carried out on the resistor elements in open air at a still air temperature of 20 °C ± 15 K.

The second part of the conditioning is the application of two high current impulses 100 kA 4/10 (see 3.31). The measured peak value of the current impulses shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

After this conditioning the sections are stored for future use in the switching surge operating duty test.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.5.2 Application des chocs

Au début de l'essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre, c'est-à-dire avant l'application de deux chocs de courant de longue durée, la température de la fraction complète doit être de 60 °C ± 3 K à la température ambiante de 20 °C ± 15 K.

Si une température plus élevée est jugée nécessaire, en raison d'une forte pollution ou de conditions de service anormales, la valeur plus élevée doit être utilisée à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

La fraction de parafoudre doit être soumise à deux chocs de courant de longue durée spécifiés au Tableau 5 pour les classes de décharge de ligne considérées. L'intervalle de temps entre les chocs doit être de 50 s à 60 s. Les chocs de conditionnement et les chocs de courant de longue durée doivent être appliqués avec la même polarité.

Dès que possible, après le deuxième choc de courant de longue durée et avant que 100 ms ne se soient écoulées, la fraction doit être déconnectée de la ligne et reliée à la source à fréquence industrielle. Les valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) déterminées lors de l'essai de vieillissement accéléré décrit en 8.5.2, doivent être appliquées pendant une durée respectivement de 10 s et de 30 min pour mettre en évidence soit la stabilité thermique, soit l'emballement thermique.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, il convient que le deuxième choc de courant de longue durée soit appliqué pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Les 100 ms sont admises étant donné les limitations pratiques du circuit d'essai.

Au deuxième choc de courant de longue durée, on effectue des enregistrements oscillographiques de la tension aux bornes de l'échantillon en essai et du courant le traversant. L'énergie dissipée par l'échantillon en essai doit être déterminée à partir des oscillogrammes de la tension et du courant, et la valeur de l'énergie doit être mentionnée dans le rapport d'essais de type. Le courant et la tension doivent être enregistrés de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique, ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on reprend les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début de l'essai.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable (voir 8.5.6), si la tension résiduelle mesurée avant et après l'essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons essayés ne révèle ni perforation, ni contournement, ni fissures des résistances variables à oxyde métallique.

8.5.6 Evaluation de la stabilité thermique lors des essais de fonctionnement

On considère que les fractions de parafoudre soumises aux essais de fonctionnement sont thermiquement stables et ont passé l'essai avec succès si la crête de la composante résistive du courant de fuite ou la puissance dissipée ou la température des varistances décroît régulièrement au moins pendant les dernières 15 min de l'application de la tension U_c^*, selon les modalités décrites dans les Figures 1, 2 et C.1 pour les différents types de parafoudres.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.5.5.2 Application of impulses

At the beginning of the switching surge operating duty test, that is before the application of two long-duration current impulses, the temperature of the complete section shall be 60 °C ± 3 K at the ambient temperature of 20 °C ± 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value may be used for the test if agreed between manufacturer and purchaser.

The arrester section shall be subjected to two long-duration current impulses as specified in Table 5 for the relevant line discharge classes. The time interval between the impulses shall be 50 s to 60 s. The conditioning impulses and the long-duration current impulses shall be applied with the same polarity.

After the second long-duration current impulse, the section shall be disconnected from the line and connected to the power-frequency source as soon as possible but not later than 100 ms after the impulse. The elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*), determined from the accelerated ageing procedure described in 8.5.2, shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE To reproduce actual system conditions the second long-duration current impulse should be applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitation in the test circuit.

Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made at the second long-duration current impulse. The energy dissipated by the test sample during the second operation shall be determined from the voltage and current oscillograms, and the energy value shall be reported in the type test report. The current and voltage shall be registered continuously during the power-frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power-frequency voltage application to prove thermal stability or thermal run-away.

Following the complete test sequence, and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved (see 8.5.6), if the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %, and if visual examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

8.5.6 Evaluation of thermal stability in the operating duty tests

The arrester sections subjected to the operating duty tests are considered to be thermally stable and pass the test if the peak of the resistive component of the leakage current or power dissipation or resistor temperature steadily decreases at least during the last 15 min of U_c^* voltage application in the procedures shown in Figures 1, 2 and C.1 for the respective types of arresters.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La crête de la composante résistive du courant de fuite dépend fortement de la stabilité de la tension appliquée et des variations de la température ambiante. En conséquence, le jugement si le parafoudre est ou n'est pas thermiquement stable peut dans certains cas ne pas apparaître clairement à la fin de l'application de la tension U_C^*. Dans ce cas, on doit prolonger la durée d'application de la tension U_C^* jusqu'à ce que soit confirmée une baisse régulière du courant ou de la puissance dissipée ou de la température. Si aucune tendance croissante du courant ou de la puissance dissipée ou de la température n'apparaît avant 3 h d'application de la tension, la stabilité est démontrée.

8.6 Essai des dispositifs déconnecteurs/indicateurs de défaut pour parafoudres

8.6.1 Généralités

Dans cette procédure, le terme «déconnecteur/indicateur de défaut» signifie soit un déconnecteur soit un indicateur de défaut, selon le type d'accessoires utilisé sur le parafoudre.

Ces essais doivent être réalisés sur des parafoudres équipés d'un déconnecteur/indicateur de défaut ou sur l'ensemble déconnecteur/indicateur de défaut seul, si celui-ci est conçu de manière à ne pas être affecté par l'échauffement des pièces adjacentes au parafoudre en position d'installation normale. L'échantillon d'essai doit être monté conformément aux recommandations publiées par le fabricant en utilisant la taille et la rigidité maximales recommandée et la longueur de fil de connexion la plus courte. En l'absence de recommandations publiées, le conducteur doit être de cuivre nu tressé serré d'approximativement 5 mm de diamètre et de 30 cm de longueur arrangé pour permettre une liberté de mouvement du déconnecteur/indicateur de défaut lorsqu'il fonctionne.

8.6.2 Essais de tenue aux chocs de courant et lors du fonctionnement

Comme il est indiqué en 8.4 et 8.5, ces essais seront effectués en même temps que les essais du parafoudre lorsque le dispositif de déconnexion en constitue une partie intégrante. Lorsque les dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut sont prévus pour être fixés sur un parafoudre ou comme accessoires intercalés sur le trajet du conducteur de ligne ou sur celui du conducteur de terre, ces essais peuvent être effectués séparément ou en liaison avec les essais des échantillons de parafoudre. On utilisera trois échantillons neufs pour chacun des différents essais, et le dispositif déconnecteur/indicateur de défaut doit supporter, sans fonctionner, chacun des essais suivants.

8.6.2.1 Essai aux chocs de courant de longue durée

On effectuera cet essai selon 8.4 avec une valeur de crête du courant et une durée correspondant à la classe de parafoudre la plus élevée associée au dispositif déconnecteur/ indicateur de défaut, voir Tableaux 4 et 5.

8.6.2.2 Essai de fonctionnement du parafoudre

On effectuera cet essai selon 8.5 en plaçant l'échantillon du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut en série avec la fraction de parafoudre échantillon en essai possédant le plus grand courant de référence de tous les parafoudres associés au dispositif déconnecteur/indicateur de défaut.

8.6.3 Fonctionnement du dispositif de déconnexion

8.6.3.1 Détermination de la courbe « temps en fonction du courant »

On déterminera les données nécessaires pour tracer une courbe du temps en fonction du courant pour trois niveaux différents de courant en régime initialement symétrique, correspondant à 20 A, 200 A et 800 A (eff.) ± 10 % traversant l'échantillon essayé du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut avec ou sans parafoudre, conformément à 8.6.1.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The peak of the resistive component of leakage current is strongly influenced by the stability of the applied voltage and also by the change in ambient temperature. Because of this, the judgement whether the arrester is thermally stable or not may in some cases not be clear at the end of the U_c^* voltage application. If that is the case, the time of the U_c^* voltage application shall be extended until the steady decrease in the current or power dissipation or temperature is clearly confirmed. If an increasing trend of current or power dissipation or temperature is not observed within 3 h of voltage application the section is considered stable.

8.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators

8.6.1 General

In this procedure, the term “disconnector/fault indicator” shall mean either a disconnector or a fault indicator, whichever type of device is used with the arrester.

These tests shall be made on arresters which are fitted with arrester disconnectors/fault indicators or on the disconnector/fault indicator assembly alone if its design is such as to be unaffected by the heating of adjacent parts of the arrester in its normally installed position. The test sample shall be mounted in accordance with the manufacturer's published recommendations using the maximum recommended size and stiffness and the shortest recommended length of connecting lead. In the absence of published recommendations, the conductor shall be hard-drawn bare copper approximately 5 mm in diameter and 30 cm long, arranged to allow freedom of movement of the disconnector/fault indicator when it operates.

8.6.2 Current impulse and operating duty withstand tests

As noted in 8.4 and 8.5, these tests will be made at the same time as the tests on the arrester, for arresters with built-in disconnector/fault indicators. In the case of disconnector/fault indicators designed for attachment to an arrester or for insertion into the line or ground lead as an accessory, these tests may be made separately or in conjunction with tests on arrester samples. The disconnector/fault indicator shall withstand without operating each of the following tests. Three new samples shall be used for each different test.

8.6.2.1 Long-duration current impulse test

This test shall be made in accordance with 8.4 with the peak current and duration corresponding to the highest classification of arrester with which the disconnector/fault indicator is designed to be used, see Tables 4 and 5.

8.6.2.2 Operating duty test

This test shall be made in accordance with 8.5 with the sample disconnector/fault indicator in series with a test sample section of the arrester design having the highest reference current of all the arresters with which it is designed to be used.

8.6.3 Disconnector operation

8.6.3.1 Time versus current curve test

Data for a time-versus-current curve shall be obtained at three different symmetrically initiated current levels – 20 A, 200 A and 800 A r.m.s. ± 10 % – flowing through test sample disconnectors with or without arresters as required by 8.6.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Lorsque les essais sont effectués sur des dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut qui sont affectés par l'échauffement interne des parafoudres associés, les résistances variables doivent être court-circuitées par un fil de cuivre nu de 0,08 mm à 0,13 mm de diamètre en vue de provoquer l'amorçage interne.

Lorsque les essais sont effectués sur des dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut qui ne sont pas affectés par le fonctionnement du parafoudre associé, et si le dispositif déconnecteur/indicateur de défaut est monté sur le parafoudre, les résistances variables de ce dernier sont court-circuitées ou remplacées par un conducteur de section suffisante pour éviter sa fusion pendant l'essai.

La tension d'essai peut avoir toute valeur convenable permettant d'assurer le passage du plein courant dans l'arc contournant les éléments du parafoudre et permettant d'amorcer et de maintenir un arc dans tous les éclateurs dont peut dépendre le fonctionnement du dispositif de déconnexion. La tension d'essai ne doit pas dépasser la tension assignée du parafoudre de la plus faible tension assignée associée au dispositif déconnecteur/indicateur de défaut.

On règle d'abord les caractéristiques du circuit d'essai en vue d'obtenir la valeur prescrite du courant en court-circuitant l'échantillon en essai par un conducteur d'impédance négligeable. Il est recommandé que la temporisation de l'interrupteur de fermeture assure la fermeture du circuit dans la limite de quelques degrés électriques au voisinage de la crête de la tension de façon à faire apparaître un courant sensiblement symétrique. On peut ajuster la durée de passage du courant dans l'échantillon en essai à l'aide d'un interrupteur d'ouverture. Cet interrupteur peut être supprimé s'il n'est pas nécessaire de fixer avec précision la durée du courant. Après réglage des caractéristiques du circuit d'essai, on enlève le conducteur court-circuitant l'échantillon en essai.

Le courant doit être maintenu au niveau prescrit jusqu'au fonctionnement du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut. L'essai doit être effectué sur au moins cinq échantillons neufs pour chacune des trois valeurs de courant.

Pour tous les échantillons essayés, on note sur un graphique la valeur efficace du courant traversant l'appareil en fonction de la durée du courant jusqu'au premier déplacement du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut. La courbe caractéristique «temps en fonction du courant» du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut est une courbe lissée correspondant aux durées maximales.

Pour les dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut fonctionnant avec un retard notable, on peut tracer la caractéristique «temps en fonction du courant» en faisant passer le courant dans les échantillons en essai pendant des durées données; on détermine alors, pour chacun des trois niveaux de courant, la durée minimale qui provoquera systématiquement un fonctionnement satisfaisant du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut. Les valeurs à retenir pour le tracé de la caractéristique «temps en fonction du courant» doivent correspondre à cinq fonctionnements satisfaisants du dispositif déconnecteur/indicateur de défaut au cours de cinq essais ou, s'il survient au cours de ces cinq essais un fonctionnement non satisfaisant, à cinq fonctionnements satisfaisants au cours de cinq essais complémentaires effectués au même niveau de courant et avec la même durée.

8.6.3.2 Evaluation des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs déconnecteur/indicateur de défaut

Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente. S'il n'est pas nettement évident que le dispositif a accompli une séparation effective et permanente, on appliquera pendant 1 min une tension à fréquence industrielle égale à 1,2 fois la tension assignée du parafoudre de la tension assignée la plus élevée, associé au dispositif déconnecteur/indicateur de défaut. Le courant correspondant ne doit pas dépasser une valeur efficace de 1 mA.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

For tests on disconnectors affected by internal heating of the associated arresters, the non-linear resistors shall be bypassed with a bare copper wire 0,08 mm to 0,13 mm in diameter in order to start the internal arcing.

For tests on disconnectors unaffected by the operation of the associated arrester, the arrester, if it is used for mounting the disconnector, shall have its non-linear resistors shunted or replaced by a conductor of size sufficient to ensure that it will not be melted during the test.

The test voltage may be any convenient value so long as it is sufficient to maintain full current flow in the arc over the arrester elements and sufficient to cause and maintain arcing of any gaps upon which operation of the disconnector may depend. The test voltage shall not exceed the rated voltage of the lowest rated arrester with which the disconnector is designed to be used.

The parameters of the test circuit should first be adjusted, with the test sample shunted by a link of negligible impedance to produce the required value of current. The closing switch should be timed to close the circuit within a few electrical degrees of voltage crest so as to produce nearly symmetrical current. An opening switch may be provided with provision for adjusting the time of current flow through the test sample. This switch may be omitted when accurate control over the current duration is not necessary. After the test circuit parameters have been adjusted, the link shunting the test sample shall be removed.

The current flow shall be maintained at the required level until operation of the disconnector occurs. At least five new samples shall be tested at each of the three current levels.

The r.m.s. value of current through the specimen and the duration to the first movement of the disconnector shall be plotted for all the samples tested. The time-versus-current characteristic curve of the disconnector shall be drawn as a smooth curve through the points representing maximum duration.

For disconnectors which operate with an appreciable time delay, the time-versus-current curve test shall be made by subjecting the test samples to controlled durations of current flow to determine the minimum duration for each of the three current levels which will consistently result in successful operation of the disconnector. For the points to be used for the time-versus-current curve, successful operation of the disconnector shall occur in five tests out of five trials or, if one unsuccessful test occurs, five additional tests at the same current level and duration shall result in successful operations.

8.6.3.2 Evaluation of disconnector performance

There shall be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device. If there is no clear evidence of effective and permanent disconnection by the device, a power-frequency voltage equal to 1,2 times the rated voltage of the highest rated arrester with which the disconnector is designed to be used, shall be applied for 1 min without current flow in excess of 1mA r.m.s.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.6.4 Fonctionnement de l'indicateur de défaut

A l'étude.

8.7 Essais de court-circuit

8.7.1 Généralités

Les parafoudres, pour lesquels le constructeur déclare une tenue aux courts-circuits, doivent être soumis aux essais conformément à ce paragraphe. L'essai doit être réalisé pour montrer qu'une défaillance du parafoudre ne donne pas lieu à une rupture explosive de l'enveloppe du parafoudre et que les flammes s'auto-éteignent (le cas échéant) dans un délai défini. Chaque type de parafoudre est soumis à l'essai avec quatre valeurs de courants de court-circuit. Si le parafoudre est équipé d'un autre dispositif comme substitut d'un limiteur de pression conventionnel, ce dispositif doit être inclus dans l'essai.

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

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

– Les parafoudres de «conception A» sont tels qu'un canal utilisé par le gaz suit toute la longueur de l'unité de parafoudre et remplit ≥50 % du volume interne qui n'est pas occupé par les parties actives internes.
– Les parafoudres de «conception B» sont solides et sans volume interne de gaz ou ont un volume de gaz interne remplissant <50 % du volume interne qui n'est pas occupé par les parties actives internes.

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

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

NOTE 2 Dans ce contexte, les «parties actives» sont les résistances non linéaires à oxyde métallique et toute entretoise métallique directement connectée en série avec elles.

En fonction du type de parafoudre et de la tension d'essai, des exigences différentes s'appliquent concernant le nombre d'échantillons d'essai, le début du passage du courant de court-circuit et l'amplitude de la première valeur de crête du courant de court-circuit. Le Tableau 14 donne un résumé de ces exigences qui sont expliquées plus en détails dans les paragraphes suivants.

NOTE 3 Après accord entre le constructeur et l'acheteur, la procédure d'essai peut être modifiée pour inclure, par exemple, un certain nombre d'opérations de ré-enclenchement. Pour de tels essais spéciaux, il convient que les critères de procédure et d'acceptation fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

8.7.2 Préparation des échantillons d'essai

Pour les essais à courant de forte amplitude, les échantillons d'essai doivent être constitués par l'unité de parafoudre la plus longue utilisée pour la conception avec la tension assignée la plus élevée de cette unité utilisée pour chaque conception de parafoudre différente.

Pour l'essai à courant de faible amplitude, l'échantillon d'essai doit être constitué par une unité de parafoudre avec la tension assignée la plus élevée de cette unité utilisée pour chaque conception de parafoudre différente.

NOTE 1 La Figure 13 montre différents exemples d'unités de parafoudres

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.6.4 Fault indicator operation

Under consideration.

8.7 Short-circuit tests

8.7.1 General

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

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

With respect to the short-circuit current performance, it is important to distinguish between two designs of surge arresters.

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

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

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

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

Depending on the type of arrester and test voltage, different requirements apply with regard to the number of test samples, initiation of short-circuit current and amplitude of the first short-circuit current peak. Table 14 shows a summary of these requirements which are further explained in the following subclauses.

NOTE 3 After agreement between the manufacturer and the purchaser, the test procedure can be modified to include, for example, a number of reclosing operations. For such special tests, the procedure and acceptance criteria should be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

8.7.2 Preparation of the test samples

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

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

NOTE 1 Figure 13 shows different examples of arrester units.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

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

8.7.2.1 Parafoudres de «Conception A»

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

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

8.7.2.2 Parafoudres de «Conception B»

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

8.7.2.2.1 Parafoudres à enveloppe polymère

Aucune préparation spéciale n'est nécessaire. Des unités de parafoudres normales doivent être utilisées. Les unités de parafoudre doivent être électriquement pré-dégradées par l'application d'une surtension à fréquence industrielle. La surtension doit être appliquée à des unités d'essai complètement assemblées. Aucune modification physique ne doit être apportée aux unités entre la pré-dégradation et l'essai au courant de court-circuit réel.

La surtension donnée par le constructeur doit être une tension supérieure à 1,15 fois U_c. La tension doit entraîner la défaillance du parafoudre en l'espace de (5 ± 3) min. Les résistances sont considérées comme ayant subi une dégradation lorsque la tension qui les traverse tombe en dessous de 10 % de la tension appliquée au départ. Le courant de court-circuit du circuit d'essai de pré-dégradation ne doit pas être supérieur à 30 A.

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

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

– Méthode avec la source de tension: Il convient que le courant initial soit normalement compris entre 5-10 mA/cm^2. Il convient que le courant de court-circuit soit normalement compris entre 1 A et 30 A. La source de tension n'a pas besoin d'être ajustée après son réglage initial, bien que de petits réglages puissent être nécessaires pour dégrader les résistances dans le délai imparti.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

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

8.7.2.1 "Design A" arresters

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

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

8.7.2.2 "Design B" arresters

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

8.7.2.2.1 Polymer-housed arresters

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

The overvoltage given by the manufacturer shall be a voltage exceeding 1,15 times U_C. The voltage shall cause the arrester to fail within (5 ± 3) min. The resistors are considered to have failed when the voltage across the resistors falls below 10 % of the originally applied voltage. The short-circuit current of the pre-failing test circuit shall not exceed 30 A.

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

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

– Voltage source method: the initial current should typically be in the range 5-10 mA/cm^2. The short-circuit current should typically be between 1 A and 30 A. The voltage source need not be adjusted after the initial setting, although small adjustments might be necessary in order to fail the resistors in the given time range.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.7.2.2.2 Parafoudres à enveloppe en porcelaine

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

8.7.3 Montage de l'échantillon d'essai

Pour un parafoudre monté sur embase, le dispositif de montage est représenté aux Figures 14a et 14b. La distance entre le sol et la plateforme isolante et les conducteurs doit être comme indiquée aux Figures 14a et 14b.

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

Pour les parafoudres montés sur socle, la partie inférieure de l'échantillon en essai doit être montée sur un socle d'essai de même hauteur qu'une enceinte circulaire ou carrée. L'embase d'essai doit être en matériau isolant ou peut être en matériau conducteur si ses dimensions de surface sont inférieures aux dimensions de surface de la partie inférieure du parafoudre. L'embase d'essai et l'enceinte doivent être placées au sommet d'une plateforme isolante, comme indiqué aux Figures 14a et 14b. Pour les parafoudres non montés sur socle, les mêmes exigences s'appliquent à la partie inférieure du parafoudre. La distance d'arc entre l'extrémité supérieure et tout autre objet métallique (relié à la terre ou non), à l'exception du socle du parafoudre, doit être d'au moins 1,6 fois la hauteur du parafoudre échantillon, sans être inférieure à 0,9 m. L'enceinte doit être en matériau non métallique et elle doit être positionnée de façon symétrique par rapport à l'axe de l'échantillon d'essai. La hauteur de l'enceinte doit être de 40 cm ± 10 cm et son diamètre (ou son côté dans le cas d'une enceinte carrée) doit être égale à la valeur maximale de 1,8 m ou D dans l'Equation (1) ci-dessous. Il ne doit pas être permis à l'enceinte de s'ouvrir ou de bouger au cours de l'essai.

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

où

H est la hauteur de l'unité de parafoudre en essai;

D_{arr} est le diamètre de l'unité de parafoudre en essai.

Les parafoudres à enveloppe en porcelaine doivent être montés conformément à la Figure 14a. Les parafoudres à enveloppe polymère doivent être montés conformément à la Figure 14b.

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

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

La disposition représentée à la Figure 14a est la plus défavorable à utiliser durant la phase initiale de l'essai avant la relaxation de la surpression (en particulier dans le cas d'un parafoudre équipé d'un limiteur de tension). Le positionnement de l'échantillon comme indiqué à la Figure 14a, avec ses évents côté source d'essai, peut conduire l'arc externe à être envoyé plus près de l'enveloppe du parafoudre que dans d'autres cas. En conséquence, un effet de choc thermique peut causer des fissures et des bris excessifs des ailettes en porcelaine, en comparaison avec les autres orientations possibles des évents. Toutefois, au cours du temps d'arc restant, cette disposition force l'arc à s'éloigner du parafoudre et réduit ainsi le risque de voir le parafoudre prendre feu. La phase initiale

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.7.2.2.2 Porcelain-housed arresters

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

8.7.3 Mounting of the test sample

For a base-mounted arrester, the mounting arrangement is shown in Figures 14a and 14b. The distance to the ground from the insulating platform and the conductors shall be as indicated in Figures 14a and 14b.

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

For base-mounted arresters, the bottom end fitting of the test sample shall be mounted on a test base that is at the same height as a surrounding circular or square enclosure. The test base shall be of insulating material or may be of conducting material if its surface dimensions are smaller than the surface dimensions of the arrester bottom end fitting. The test base and the enclosure shall be placed on top of an insulating platform, as shown in Figures 14a and 14b. For non-base-mounted arresters, the same requirements apply to the bottom of the arrester. The arcing distance between the top end cap and any other metallic object (floating or grounded), except for the base of the arrester, shall be at least 1,6 times the height of the sample arrester, but not less than 0,9 m. The enclosure shall be made of non-metallic material and be positioned symmetrically with respect to the axis of the test sample. The height of the enclosure shall be 40 cm ± 10 cm, and its diameter (or side, in case of a square enclosure) shall be equal to the greater of 1,8 m or D in Equation (1) below. The enclosure shall not be permitted to open or move during the test.

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

where

H is the height of tested arrester unit;

D_{arr} is the diameter of tested arrester unit.

Porcelain-housed arresters shall be mounted according to Figure 14a. Polymer housed arresters shall be mounted according to Figure 14b.

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

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

The routing shown in Figure 14a is the most unfavourable to use during the initial phase of the test before venting occurs (especially in the case of a surge arrester fitted with a pressure relief device). Positioning the sample as shown in Figure 14a, with the venting ports facing in the direction of the test source, may cause the external arc to be swept in closer proximity to the arrester housing than otherwise. As a result, a thermal shock effect may cause excessive chipping and shattering of porcelain weather sheds, as compared to the other possible orientations of the venting ports. However, during the remaining arcing time, this routing forces the arc to move away from the arrester, and thus reduces the risk of the arrester catching fire. Both the initial phase of the test as well as the part with risk of catching fire are important, especially for arresters where the external part of the housing is made of polymeric material.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

de l'essai et la partie pendant laquelle il y a un risque de feu sont toutes deux importantes, en particulier pour les parafoudres dont la partie extérieure de l'enveloppe est en matériau polymère.

Pour tous les parafoudres à enveloppe polymère, il convient que le conducteur de terre soit dirigé dans le sens opposé du conducteur d'arrivée, comme décrit à la Figure 14b. De cette manière, l'arc restera près du parafoudre pendant toute la durée du court-circuit, créant ainsi les conditions les plus défavorables en ce qui concerne le risque de feu.

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

8.7.4 Essais de court-circuit à courants de forte amplitude

Trois échantillons doivent être soumis aux essais à des courants basés sur le choix d'un courant assigné de court-circuit choisi dans le Tableau 15. Les trois échantillons doivent être préparés conformément à 8.7.2 et montés conformément à 8.7.3.

Les essais doivent être effectués à l'aide d'un circuit d'essai monophasé, avec une tension d'essai à vide comprise entre 77 % et 107 % de la tension assignée de l'échantillon d'essai, comme stipulé en 8.7.4.1. Cependant, il est probable que des essais sur des parafoudres à haute tension devront être effectués dans des laboratoires ne disposant pas nécessairement de la puissance de court-circuit suffisante pour réaliser ces essais à 77 % ou plus de la tension assignée des échantillons d'essai. En conséquence, une procédure alternative pour réaliser les essais de court-circuit à courants de forte amplitude avec une tension réduite est donnée en 8.7.4.2. La durée totale mesurée du courant d'essai circulant dans le circuit doit être ≥0,2 s.

NOTE Pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine, l'expérience a montré que les essais en courant assigné ne démontrent pas nécessairement un comportement acceptable à des courants plus faibles.

8.7.4.1 Essais à courant de forte amplitude à tension pleine (77 % à 107 % de la tension assignée)

La valeur présumée du courant doit être mesurée par un essai préalable avec parafoudre court-circuité ou remplacé par une connexion solide d'impédance négligeable.

La durée d'un tel essai peut être limitée au minimum de temps nécessaire pour mesurer la valeur de crête et la composante symétrique de l'onde de courant présumée.

Pour les parafoudres de «conception A» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être d'au moins 2,5 fois la valeur efficace de la composante symétrique du courant présumé. La valeur efficace suivante de cette composante symétrique doit être égale ou supérieure au courant assigné de court-circuit. La valeur de crête du courant présumé, divisée par 2,5, doit être notée comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant présumé peut être plus élevée. En raison de ce courant présumé supérieur, le parafoudre échantillon peut être soumis à des contraintes plus sévères, et par conséquent, les essais à un rapport X/R inférieur à 15 ne doivent être réalisés qu'avec l'accord du constructeur.

Pour les parafoudres de «conception B» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être d'au moins $\sqrt{2}$ fois la valeur efficace.

Pour les courants de court-circuit réduits, la valeur efficace doit être conforme au Tableau 15 et la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être au moins égale à $\sqrt{2}$ fois la valeur efficace de ce courant.

La connexion shunt rigide doit être retirée après vérification du courant présumé et le(s) parafoudre(s) échantillon(s) doit/doivent être soumis aux essais avec les mêmes paramètres de circuit.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

For all polymer-housed arresters, the ground conductor should be directed to the opposite direction as the incoming conductor, as described in Figure 14b. In this way, the arc will stay close to the arrester during the entire duration of the short-circuit current, thus creating the most unfavourable conditions with regards to the fire hazard.

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

8.7.4 High-current short-circuit tests

Three samples shall be tested at currents based on selection of a rated short-circuit current selected from Table 15. All three samples shall be prepared according to 8.7.2 and mounted according to 8.7.3.

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

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

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

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

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

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

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

For all the reduced short-circuit currents, the r.m.s. value shall be in accordance with Table 15 and the peak value of the first half-cycle of the prospective current shall be at least $\sqrt{2}$ times the r.m.s. value of this current.

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 1 La résistance de l'arc restreint à l'intérieur du parafoudre peut réduire la valeur efficace de la composante symétrique et la valeur de crête du courant mesuré. Cela ne remet pas l'essai en cause, puisqu'il a été réalisé à au moins la tension de service normale et que l'effet sur le courant d'essai est le même que celui qui se produirait lors d'une défaillance en service.

NOTE 2 Il convient que le rapport X/R de l'impédance de circuit d'essai, sans que le parafoudre soit connecté, soit égal de préférence à au moins 15. Lorsque l'impédance du circuit d'essai X/R est inférieure à 15, la tension d'essai peut être augmentée ou l'impédance peut être réduite de telle façon que

– pour le courant de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé soit égale ou supérieure à 2,5 fois le niveau du courant d'essai exigé;

– pour les essais à niveau de courant réduit, les tolérances du Tableau 15 soient satisfaites.

8.7.4.2 Essai à courants de forte amplitude sous moins de 77 % de tension assignée

Lorsque les essais sont réalisés avec une tension de circuit d'essai <77 % de la tension assignée des échantillons d'essai, les paramètres du circuit d'essai doivent être ajustés de telle sorte que la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du parafoudre soit égale ou supérieure au niveau de courant d'essai requis de 8.7.4.

Pour les parafoudres de «conception A» soumis aux essais à la valeur du courant réel d'essai du parafoudre, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant présumé doit être d'au moins 2,5 fois la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du parafoudre. La valeur efficace suivante de cette composante symétrique doit être égale ou supérieure au courant assigné de court-circuit. La valeur de crête du courant réel d'essai du parafoudre, divisée par 2,5, doit être notée comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du parafoudre peut être plus élevée.

L'exception suivante pour l'essai avec le courant assigné de court-circuit est valable pour les parafoudres de «conception A» à enveloppe polymère uniquement (voir 8.7.2.1 pour la définition des parafoudres à enveloppe en polymère et en porcelaine): si la tension assignée de l'échantillon d'essai est supérieure à 150 kV et qu'une première valeur de crête de ≥2,5 fois le courant assigné de court-circuit ne peut pas être obtenue, un échantillon d'essai supplémentaire doit être soumis aux essais. Cet échantillon d'essai supplémentaire doit être soumis aux essais selon 8.7.4.1 ou 8.7.4.2. Il doit avoir une tension assignée ≥ 150 kV et il ne doit pas être plus court que l'unité de parafoudre la plus courte utilisée pour la conception réelle du parafoudre. La valeur du courant assigné de court-circuit doit être la valeur la plus faible du courant efficace de l'essai sur l'unité la plus longue et le courant efficace défini à partir des essais selon 8.7.4.1 ou 8.7.4.2 à partir de l'essai sur l'unité assignée minimale de 150 kV. Les deux essais doivent être consignés.

Pour les parafoudres de «conception B» soumis aux essais à la valeur du courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant réel d'essai du parafoudre doit être d'au moins $\sqrt{2}$ fois la valeur efficace.

Pour les courants de court-circuit réduits, la valeur efficace doit être conforme au Tableau 15 et la valeur de crête de la première demi-alternance du courant réel d'essai du parafoudre doit être au moins égale à $\sqrt{2}$ fois la valeur efficace de ce courant.

NOTE 1 Pour les parafoudres de grande taille en particulier, qui sont soumis aux essais à un pourcentage faible de leur tension assignée, le premier courant de crête asymétrique de 2,5 n'est pas facilement obtenu sauf si des possibilités spéciales d'essai sont envisagées. Il est donc possible d'augmenter la valeur efficace de la tension d'essai ou de réduire l'impédance de telle sorte que pour le courant assigné de court-circuit, la valeur de crête de la première demi-alternance du courant d'essai soit égale ou supérieure à 2,5 fois le niveau de courant d'essai requis. Dans le cas d'un essai avec un générateur, la première valeur de crête de 2,5 fois le courant d'essai requis peut être obtenue en faisant varier l'excitation du générateur. Il convient que le courant soit ensuite réduit, pas moins de 2,5 alternances après le début de son passage, à la valeur symétrique requise. La valeur de crête réelle du courant d'essai, divisée par 2,5, est notée comme courant d'essai, même si la valeur efficace de la composante symétrique du courant réel d'essai du parafoudre peut être plus élevée. En raison de ce courant d'essai supérieur, le parafoudre échantillon peut être soumis à des contraintes plus sévères, et par conséquent, il convient que les essais à un rapport X/R inférieur à 15 ne soient réalisés qu'avec l'accord du constructeur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

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

– for the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the prospective current is equal to, or greater than, 2,5 times the required test current level;

– for the reduced current level tests, the tolerances in Table 15 are met.

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

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

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

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

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

For all the reduced short-circuit currents the r.m.s. value shall be in accordance with Table 15 and the peak value of the first half-cycle of the actual arrester test current shall be at least $\sqrt{2}$ times the r.m.s. value of this current.

NOTE 1 Especially for tall arresters that are tested at a low percentage of their rated voltage, the first asymmetric peak current of 2,5 is not easily achieved unless special test possibilities are considered. It is thus possible to increase the test r.m.s voltage or reduce the impedance so that, for the rated short-circuit current, the peak value of the first half-cycle of the test current is equal to, or greater than, 2,5 times the required test current level. In case of testing with a generator, the first peak of 2,5 times the required test current can also be achieved by varying the generator’s excitation. The current should then be reduced, not less than 2,5 cycles after initiation, to the required symmetrical value. The actual peak value of the test current, divided by 2,5, should be quoted as the test current, even though the r.m.s. value of the symmetrical component of the actual arrester test current may be higher. Because of the higher test current, the sample arrester may be subjected to more severe duty and, therefore, tests at X/R ratio lower than 15 should only be carried out with the manufacturer’s consent.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE 2 Pour les parafoudres de «conception B» à enveloppe polymère, même la première de crête du courant de $\sqrt{2}$ peut ne pas être facilement obtenue sauf si des installations d'essai particulières envisagées. Les parafoudres pré-dégradés peuvent produire une résistance d'arc considérable, ce qui limite le courant symétrique qui traverse le parafoudre. C'est pourquoi il est recommandé de réaliser les essais de court-circuit aussi tôt que possible après la pré-dégradation, de préférence avant refroidissement des échantillons d'essai.

Pour les parafoudres pré-dégradés, il est donc recommandé de s'assurer que le parafoudre représente une impédance suffisamment faible avant d'appliquer le courant de court-circuit en appliquant à nouveau la pré-dégradation ou de manière analogue, le circuit pendant 2 s au maximum immédiatement avant l'application du courant de court-circuit d'essai, voir la Figure 15. Il est acceptable d'augmenter le courant de court-circuit du circuit pré-appliqué jusqu'à 300 A (valeur efficace). S'il en est ainsi, sa durée maximale, qui dépend de l'amplitude de courant, ne doit pas dépasser la valeur suivante:

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

où

t_{rpf} est le temps de re-prédégradation en s;

Q_{rpf} est la charge de re-prédégradation égale à 60 As;

I_{rpf} est le courant de re-prédégradation en A (valeur efficace).

8.7.5 Essai de court-circuit à courants de faible amplitude

L'essai doit être réalisé en utilisant un circuit d'essai quelconque qui produira un courant traversant l'échantillon d'essai de 600 A ± 200 A en valeur efficace, mesuré environ 0,1 s après le début du flux de courant. Le courant doit circuler pendant 1 s ou, pour les parafoudres de «conception A» à enveloppe en porcelaine jusqu'à la relaxation.

Voir la Note 2 de 8.7.6 concernant la manipulation d'un parafoudre pour lequel la relaxation ne s'est pas produite.

8.7.6 Evaluation des résultats d'essais

L'essai est considéré comme réussi si les trois critères suivants sont satisfaits:

a) Pas de rupture explosive

NOTE 1 Une défaillance de structure de l'échantillon est admise tant que les critères 2 et 3 sont satisfaits.

b) Une partie de l'échantillon d'essai ne doit pouvoir être trouvée à l'extérieur de l'enveloppe, sauf

- des fragments de céramique, pesant moins de 60 g chacun, comme les MOV ou la porcelaine,
- les opercules d'évents et diaphragmes du limiteur de pression,
- les parties souples de matériaux polymères.

c) Le parafoudre doit être capable d'auto-éteindre ses flammes dans un délai de 2 min après l'essai. Il faut que toute partie éjectée (dans ou hors de l'enceinte) soit également auto-éteindre ses flammes en 2 min maximum.

NOTE 2 Si le parafoudre n'a visiblement pas connu de relaxation à la fin de l'essai, il convient de prendre des précautions, car l'enveloppe peut rester sous pression après l'essai. Cette note est applicable à tous les niveaux de courant d'essai, mais elle est plus particulièrement pertinente pour les essais au courant de faible amplitude.

NOTE 3 Une durée plus courte pour l'auto-extinction des flammes pour les parties éjectées peut faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

NOTE 4 Pour les parafoudres destinés à être utilisés dans des applications dans lesquelles l'intégrité et une résistance mécanique sont exigées après une défaillance, différentes procédures d'essai et évaluations peuvent être établies entre le constructeur et l'utilisateur (par exemple, il peut être exigé qu'à l'issue des essais, le parafoudre puisse encore être levé et retiré par son extrémité supérieure).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

For pre-failed arresters, therefore, it is recommended to ensure that the arrester represents a sufficiently low impedance prior to applying the short-circuit current by reapplying the pre-failing, or similar, circuit during a maximum of 2 s immediately before applying the short-circuit test current (see Figure 15). It is acceptable to increase the short-circuit current of the pre-applied circuit up to 300 A (r.m.s). If so, its maximum duration, which depends on the current magnitude, shall not exceed the following value:

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

where

t_{rpf} is the re-pre-failing time in s;

Q_{rpf} is the re-pre-failing charge = 60 As;

I_{rpf} is the re-pre-failing current in A (r.m.s.).

8.7.5 Low-current short-circuit test

The test shall be made by using any test circuit that will produce a current through the test sample of 600 A ± 200 A r.m.s., measured at approximately 0,1 s after the start of the current flow. The current shall flow for 1 s or, for “Design A” porcelain-housed surge arresters, until venting occurs.

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

8.7.6 Evaluation of test results

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

a) No violent shattering

NOTE 1 Structural failure of the sample is permitted as long as criteria 2 and 3 are met.

b) No parts of the test sample shall be allowed to be found outside the enclosure, except for

- fragments, less than 60 g each, of ceramic material such as MOV or porcelain;
- pressure relief vent covers and diaphragms;
- soft parts of polymeric materials.

c) The arrester shall be able to self-extinguish open flames within 2 min after the end of the test. Any ejected part (in or out of the enclosure) must also self-extinguish open flames within 2 min.

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

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

NOTE 4 For arresters to be used in applications where mechanical integrity and a strength is required after failure, different test procedures and evaluations may be established between the manufacturer and the user (as an example, it may be required that after the tests the arrester should still be able to be lifted and removed by its top end).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau 14 – Exigences d'essai

	Nombre exigé d'échantillons d'essai	Début du passage du courant de court-circuit	Rapport de la première valeur de crête du courant sur la valeur efficace du courant exigé de court-circuit selon le Tableau 15					
			Tension d'essai: 77 % à 107 % de U_r			Tension d'essai: < 77 % de U_r		
			Courant assigné de court-circuit	Courant réduit de court-circuit	Courant de court-circuit de faible amplitude	Courant assigné de court-circuit	Courant réduit de court-circuit	Courant de court-circuit de faible amplitude
«Conception A» Porcelaine	4	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; à l'intérieur ou aussi proche que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: ≥ 2,5 Réel: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: ≥ 2,5	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception A» A enveloppe polymère	4 ou 5	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; à l'intérieur ou aussi proche que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: ≥ 2,5 Réel: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: ≥ 2,5 ou: Réel: $\geq \sqrt{2}$ sur l'unité la plus longue et Réel: ≥ 2,5 sur une unité avec $U_r \geq$ 150 kV	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception B» A enveloppe porcelaine	4	Fil fusible le long de la surface des résistances MO; aussi loin que possible du canal utilisé par le gaz	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$
«Conception B» A enveloppe polymère	4	Pré-dégradation par tension constante ou source de courant constant	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Présumé: $\geq \sqrt{2}$ Réel: pas d'exigence	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$	Réel: $\geq \sqrt{2}$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Table 14 – Test requirements

	Required number of test samples	Initiation of short-circuit current	Ratio of first current peak value to r.m.s. value of required short-circuit current according to to Table 15					
			Test voltage: 77 % to 107 % of U_r			Test voltage: < 77 % of U_r		
			Rated short-circuit current	Reduced short-circuit current	Low short-circuit current	Rated short-circuit current	Reduced short-circuit current	Low short-circuit current
"Design A" Porcelain	4	Fuse wire along surface of MO resistors; within, or as close as possible to, the gas channel	Prosp.: ≥ 2,5 Actual: no requirement	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ 2,5	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$
"Design A" Polymer-housed	4 or 5	Fuse wire along surface of MO resistors; within, or as close as possible to, the gas channel	Prosp.: ≥ 2,5 Actual: no requirement	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ 2,5 *or*: Actual: ≥ $\sqrt{2}$ on longest unit and Actual: ≥ 2,5 on a unit with U_r ≥ 150 kV	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$
"Design B" Porcelain-housed	4	Fuse wire along surface of MO resistors; located as far away as possible from the gas channel	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$
"Design B" Polymer housed	4	Pre-failing by constant voltage or constant current source	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Prosp.: ≥ $\sqrt{2}$ Actual: no requirement	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$	Actual: ≥ $\sqrt{2}$

Tableau 15 – Courants exigés pour les essais de court-circuit

Classe de parafoudre = courant nominal de décharge	Courant assigné de court-circuit I_S	Courants réduits de court-circuit ±10 %		Faible courant de court-circuit d'une durée de 1 s [1)]
A	A	A		A
20 000 ou 10 000	80 000	50 000	25 000	600±200
20 000 ou 10 000	63 000	25 000	12 000	600±200
20 000 ou 10 000	50 000	25 000	12 000	600±200
20 000 ou 10 000	40 000	25 000	12 000	600±200
20 000 ou 10 000	31 500	12 000	6 000	600±200
20 000 ou 10 000 5 000	20 000	12 000	6 000	600±200
10 000 ou 5 000	16 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 ou 1 500	10 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 ou 1 500	5 000	3 000	1 500	600±200

[1)] Pour les parafoudres destinés à être installés dans des systèmes résonants à neutre mis à la terre ou non, l'augmentation de la durée de l'essai au-delà de 1 s, jusqu'à 30 min, peut être autorisée après accord entre le constructeur et l'acheteur. Dans ce cas le courant de court-circuit de faible amplitude doit être réduit à 50 A ± 20 A et l'échantillon d'essai et les critères d'acceptation doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

NOTE 1 Si un type existant de parafoudre, déjà qualifié pour l'un des courants assignés du Tableau 15, est en cours de qualification pour une valeur de courant assigné supérieure indiquée dans ce tableau, il convient qu'il ne soit soumis aux essais qu'à cette nouvelle valeur assignée. Toute extrapolation ne peut être étendue qu'à deux niveaux du courant assigné de court-circuit.

NOTE 2 Si un nouveau type de parafoudre est à qualifier pour une valeur de courant assignée supérieure à celles données dans ce tableau, il est recommandé qu'il soit essayé à la valeur proposée pour ce courant assigné, à 50 % et à 25 % du courant assigné.

NOTE 3 Si un parafoudre existant est qualifié pour l'un des courants de court-circuit assignés de ce tableau, il est estimé comme satisfaisant à l'essai pour toute valeur de courant assigné inférieures à cette première valeur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 15 – Required currents for short-circuit tests

Arrester class = nominal discharge current	Rated short-circuit current I_S	Reduced short-circuit currents ±10 %		Low short-circuit current with a duration of 1 s [1]
A	A	A		A
20 000 or 10 000	80 000	50 000	25 000	600±200
20 000 or 10 000	63 000	25 000	12 000	600±200
20 000 or 10 000	50 000	25 000	12 000	600±200
20 000 or 10 000	40 000	25 000	12 000	600±200
20 000 or 10 000	31 500	12 000	6 000	600±200
20 000, 10 000 or 5 000	20 000	12 000	6 000	600±200
10 000 or 5 000	16 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 or 1 500	10 000	6 000	3 000	600±200
10 000, 5 000, 2 500 or 1 500	5 000	3 000	1 500	600±200

[1] For surge arresters to be installed in resonant earthed or unearthed neutral systems, the increase of the test duration to longer than 1 s, up to 30 min, may be permitted after agreement between the manufacturer and the purchaser. In this case the low short-circuit current shall be reduced to 50 A ± 20 A, and the test sample and acceptance criteria shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

NOTE 1 If an existing type of arrester, already qualified for one of the rated currents in Table 15, is being qualified for a higher rated-current value available in this table, it should be tested only at the new rated value. Any extrapolation can only be extended by two steps of rated short-circuit current.

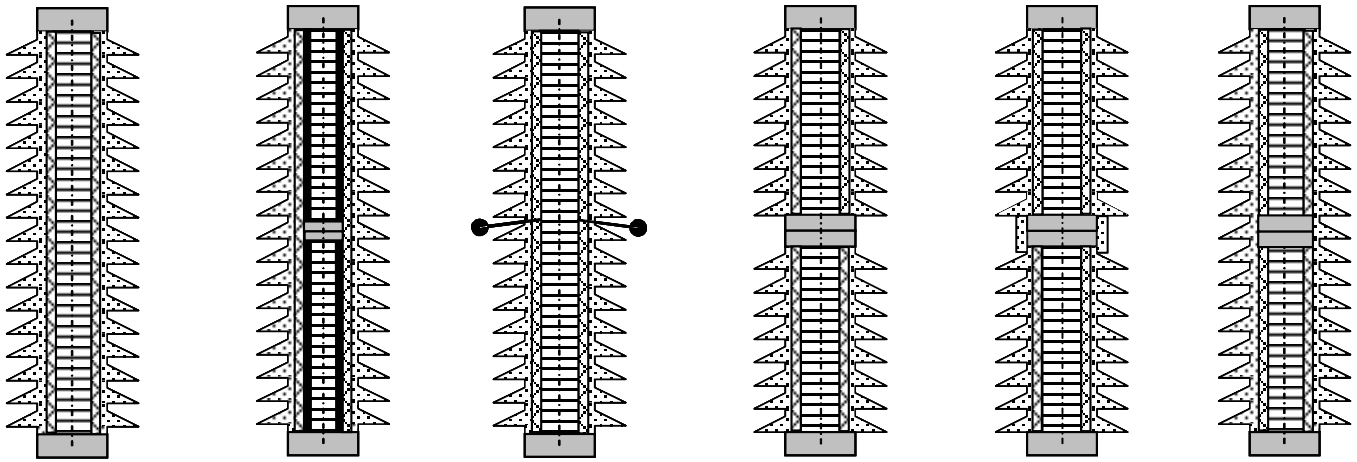
NOTE 2 If a new arrester type is to be qualified for a higher rated current value than available in this table, it shall be tested at the proposed rated current, at 50 % and at 25 % of this rated current.

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

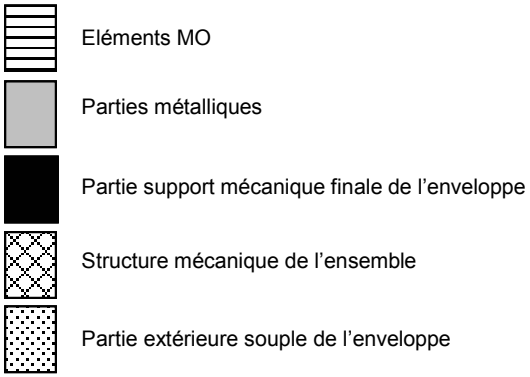
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



Cas a) Une unité mécanique et électrique
Cas b) Deux ensemble internes mécaniques avec enveloppe commune assurant la résistance mécanique finale
Cas c) Une unité mécanique sous enveloppe avec un élément de gardation potentiel intermédiaire
Cas d) Deux unité mécaniques de résistance mécanique finale, collerettes intremédiaires recouvertes par un matériau isolant souple après assemblage
Cas e) Deux unité mécaniques de résistance mécanique finale,collerettes intermédiaires recouvertes par un matériau souple après assemblage
Cas f) Deux unité mécaniques sous enveloppes individuelles assemblées à posteriori

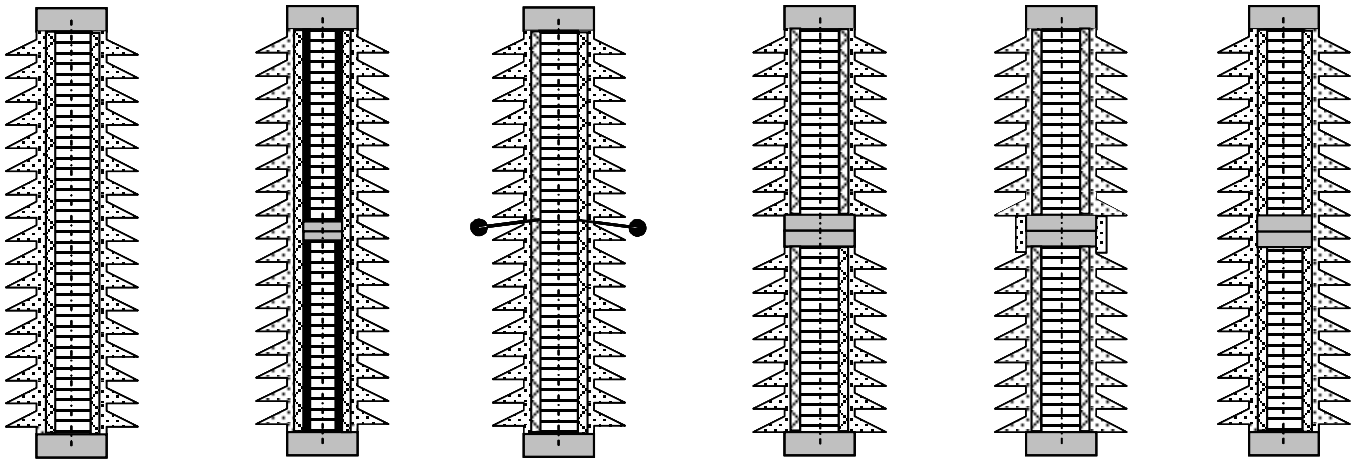
n … nombre d'unités de parafoudres



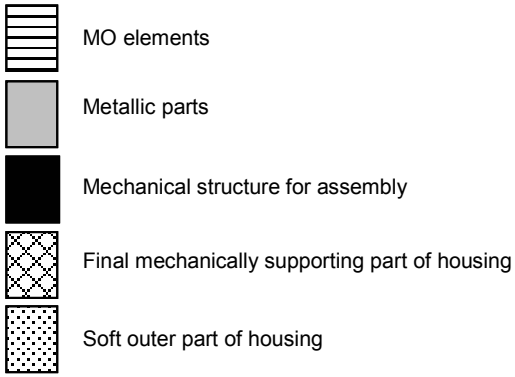
IEC 677/06

Figure 13 – Exemples d'unités de parafoudres

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



Case a) One mechanical and electrical unit
Case b) Two mechanical internal assemblies covered by one common housing providing final mechanical strength
Case c) One mechanical unit covered by a housing with an intermediate potential grading element
Case d) Two mechanical units covered by individual housings each and assembled afterwards
Case e) Two mechanical units of final mechanical strength, intermediate flanges covered by soft insulating material after assembly
Case f) Two mechanical units covered by individual housings each and assembled afterwards
n … number of units



IEC 677/06

Figure 13 – Examples of arrester units

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

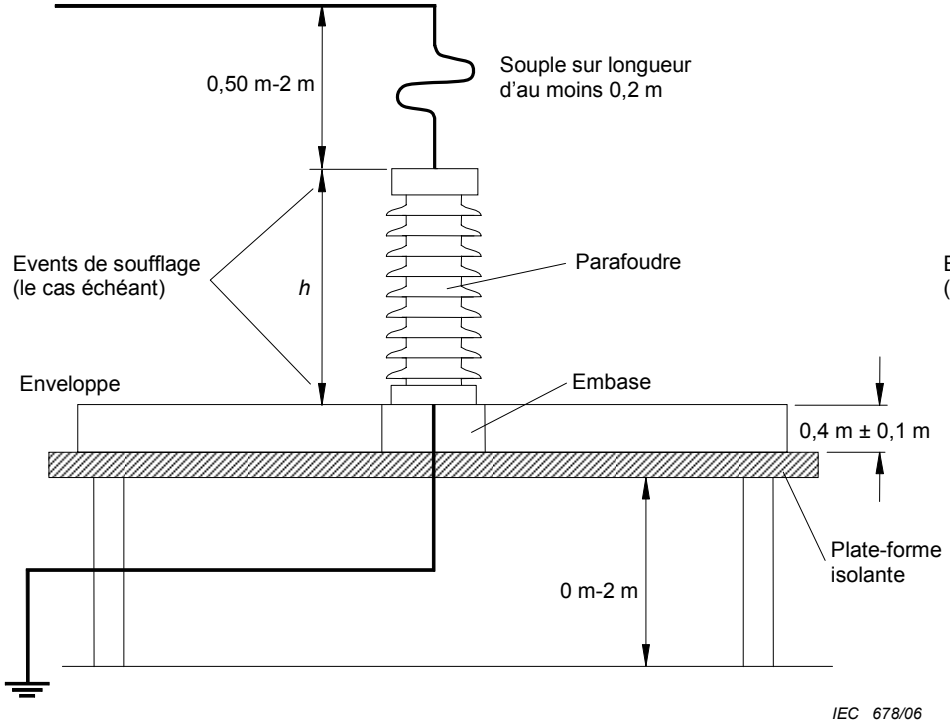


Figure 14a – Disposition du circuit pour les parafoudres à enveloppe en porcelaine
(toutes les connexions et les évents de soufflage sont sur le même plan)

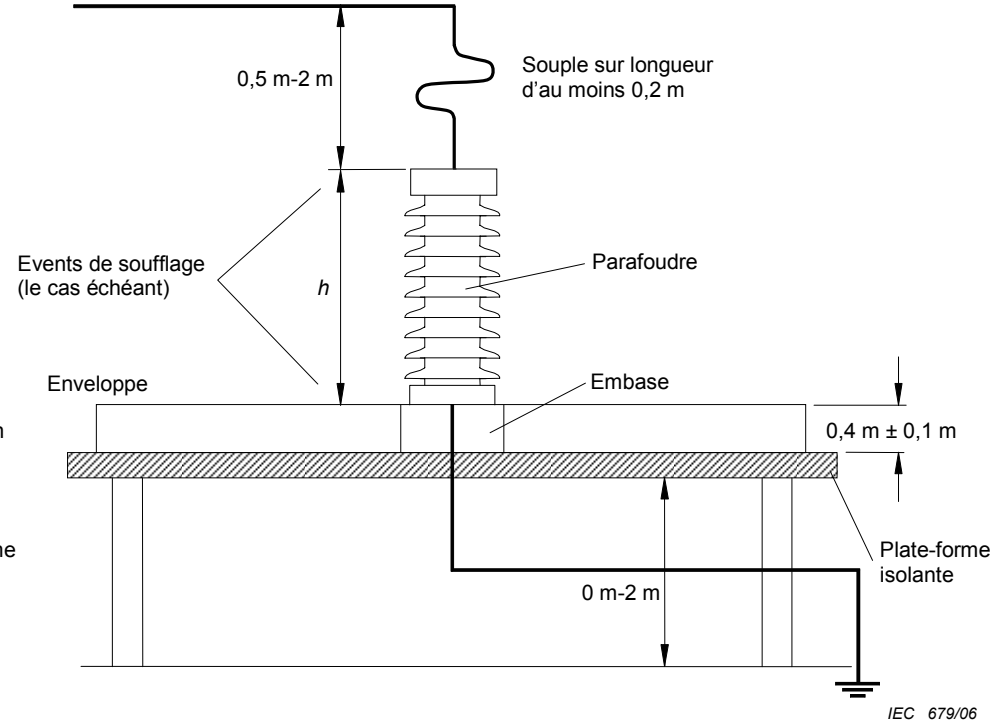


Figure 14a – Disposition du circuit pour les parafoudres à enveloppe polymère
(toutes les connexions et les évents de soufflage sont sur le même plan)

Figure 14 – Court-circuit échantillon d'essai

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

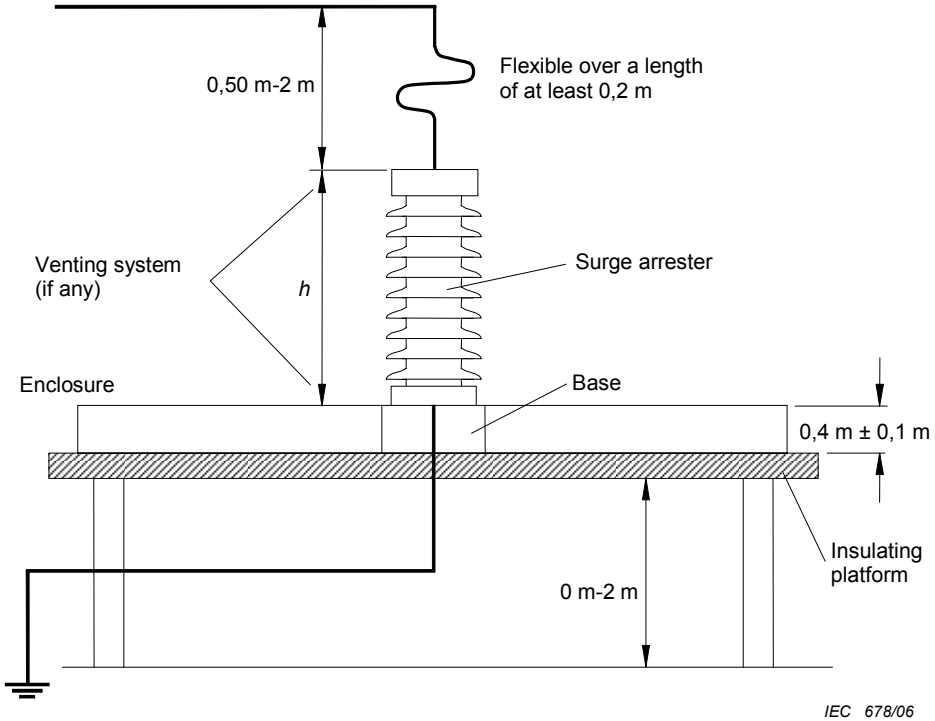


Figure 14a – Circuit layout for porcelain-housed arresters

(all leads and venting systems in the same plane)

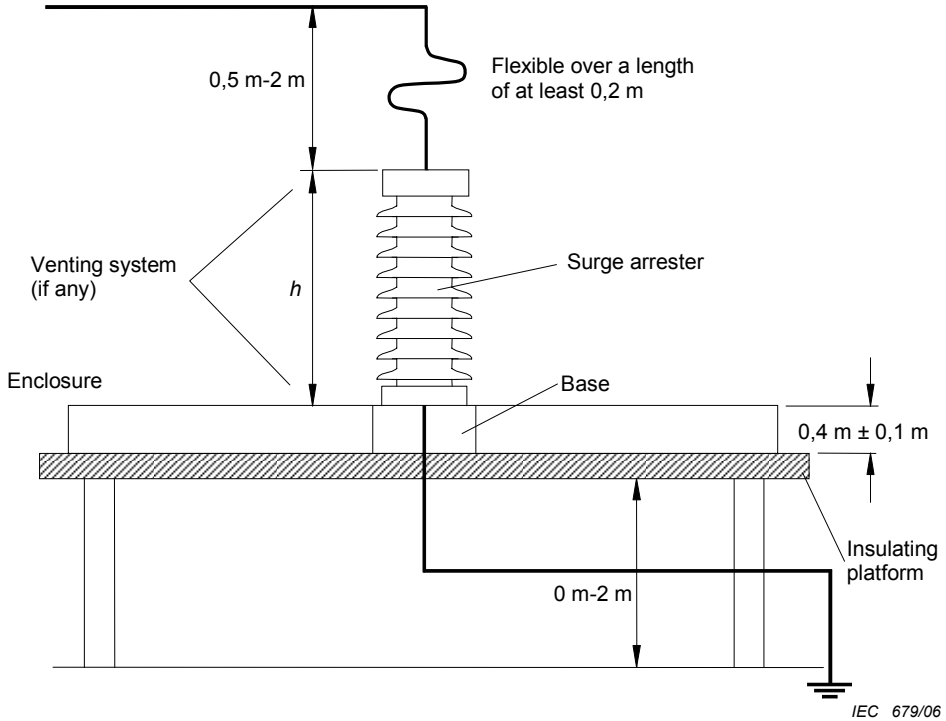
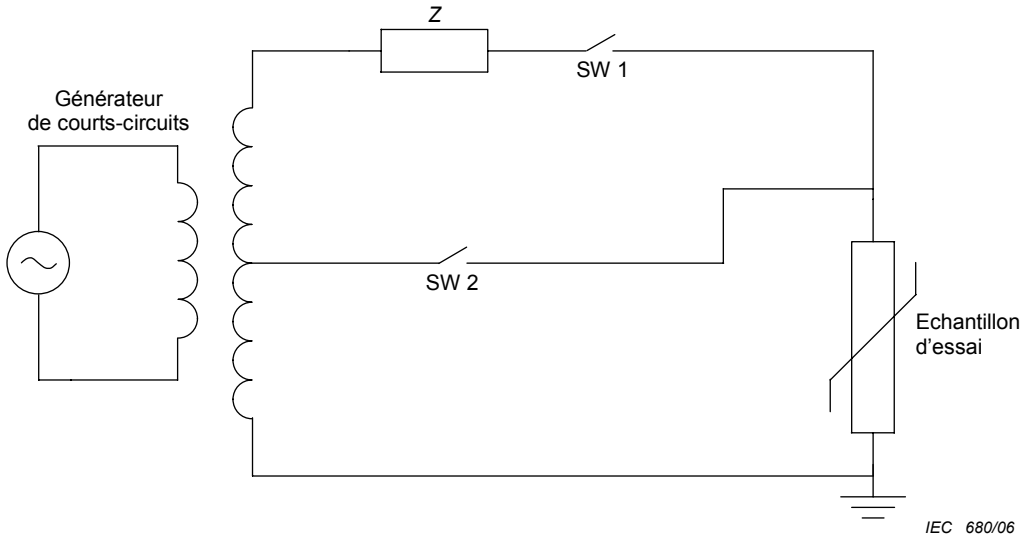


Figure 14b – Circuit layout for polymer-housed arresters

(all leads and venting systems in the same plane)

Figure 14 – Short-circuit test setup



NOTE SW 1 est fermé et SW 2 est ouvert pour appliquer le niveau de pré-dégradation du courant (maximum de 30 A, limité par impédance Z). Après un maximum de 2 s, SW 2 est fermé pour que le courant de court-circuit spécifié traverse l'échantillon en essai.

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

8.8 Essais de décharges partielles internes

L'essai doit être réalisé sur la fraction électrique de parafoudre la plus longue. Si cela ne correspond pas à la contrainte spécifique de tension par élément la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être réalisés sur l'élément ayant la contrainte de tension la plus élevée. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

NOTE Il convient que ces protections aient des effets négligeables sur la répartition de tension.

La tension à fréquence industrielle doit être augmentée jusqu'à la tension assignée de l'échantillon, maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite à 1,05 fois sa tension de service permanent. A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. La valeur mesurée pour les décharges partielles internes ne doit pas excéder 10 pC.

8.9 Essai en moment de flexion

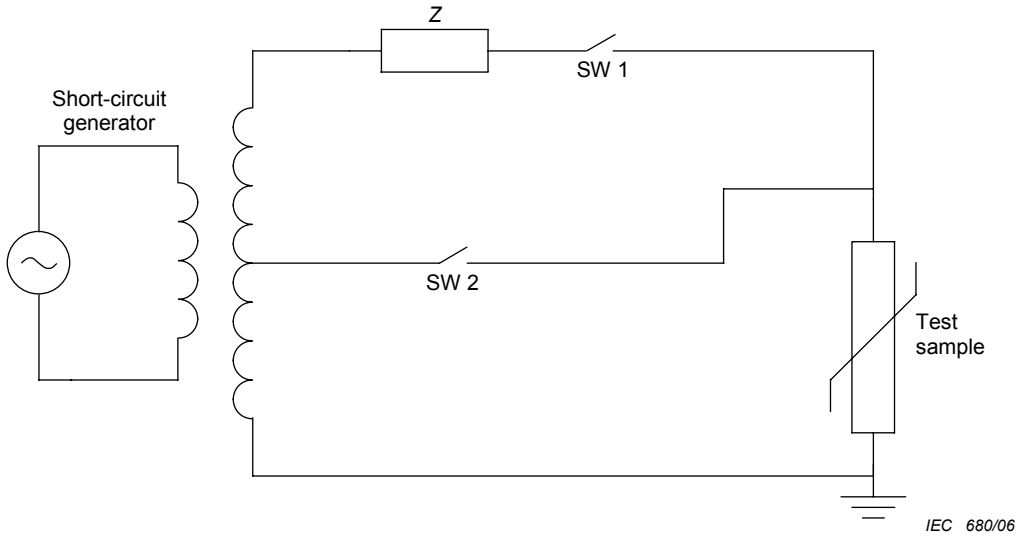
8.9.1 Généralités

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister aux valeurs déclarées par le constructeur pour les moments de flexion. Normalement, un parafoudre n'est pas conçu pour supporter un effort de torsion. Si un parafoudre est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être nécessaire après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'essai est applicable à tous les parafoudres correspondant à une classe de décharge et comportant une embase. Ces parafoudres sont constitués d'une ou plusieurs unités. Ils sont adaptés aux tensions les plus élevées des réseaux.

L'essai doit être effectué sur le parafoudre complet ou sur l'unité complète. Les échantillons doivent être installés en position verticale. Ils doivent être fixés sur la base du montage d'essai avec leurs fixations normales. L'effort doit être appliqué sur l'extrémité libre du parafoudre. La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du parafoudre et lui être perpendiculaire dans la ligne de résistance mécanique la plus faible (position initiale du parafoudre: axe longitudinal dans le sens vertical). Le constructeur doit donner des indications sur la ligne de résistance mécanique la plus faible.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



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

Figure 15 – Example of a test circuit for re-applying pre-failing circuit immediately before applying the short-circuit test current

8.8 Internal partial discharge tests

The test shall be performed on the longest electrical unit of the arrester. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit having the highest specific voltage stress. The test sample may be shielded against external partial discharges.

NOTE Shielding against external partial discharges should have negligible effects on the voltage distribution.

The power-frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC.

8.9 Test of the bending moment

8.9.1 General

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

The test is applicable to all surge arresters designated with a line discharge class and which are base-mounted. These arresters consist of one or several units. They are applied up to the highest system voltages.

The test shall be performed on complete arresters or arrester units. The test samples shall be mounted in the upright position. They shall be attached to the mounting surface of the testing machine by their normal method of mounting. The load shall be applied to the free end of the arrester. The direction of the load shall pass through the longitudinal axis of the arrester and shall be perpendicular to it in the direction of the lowest mechanical strength (initial arrester position: longitudinal axis in the vertical direction). The manufacturer shall give information concerning the lowest mechanical strength.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Si un parafoudre comporte plus d'une unité ou s'il supporte des moments de flexion différents à chaque extrémité, des essais doivent être effectués pour évaluer chacun des moments de flexion avec des efforts déterminés conformément à l'Article M.1.

L'effort appliqué doit être l'effort maximal dynamique admissible en flexion (MPDSL), c'est-à-dire 100 % de la valeur de l'Article M.3.

Les essais doivent être effectués sans pression interne.

NOTE Les parafoudres à enveloppe synthétique sont aussi soumis à l'essai contre la pénétration d'humidité (voir 10.8.13) où l'effort maximal de flexion permanente est appliqué dans différentes directions et sous différentes températures.

8.9.2 Préparation des échantillons

Les échantillons d'essai doivent contenir les éléments internes.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis à une mesure du taux de fuite (voir point d) de 9.1) et à un essai de décharges partielles internes (voir point c) de 9.1).

8.9.3 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort doit être progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution, car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

8.9.4 Evaluation de l'essai

On doit considérer que le parafoudre est satisfaisant si l'on observe les résultats suivants:

– aucun dommage mécanique n'est visible;
– l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;
– la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de ±5 % de sa flèche initiale;

NOTE La valeur de ±5 % est donnée pour information et est toujours à l'étude.

– la mesure du taux de fuite conformément au point d) de 9.1 est satisfaisante;
– le niveau de décharges partielles internes ne dépasse pas celui donné au point c) de 9.1.

8.10 Essais d'environnement

8.10.1 Généralités

Les essais d'environnement démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du parafoudre ne sont pas affectés par les conditions environnementales.

Les parafoudres qui ne diffèrent qu'en termes de dimensions, qui sont d'une même conception et utilisent les mêmes matériaux, sont considérés du même type.

Pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé, les éléments internes peuvent être retirés.

Les essais spécifiés ci-après (voir 8.10.3) doivent être effectués successivement sur un échantillon.

Le cycle de température doit être appliqué en premier.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Where an arrester contains more than one unit or where the arrester has different specified bending moments in both ends, tests shall be performed to evaluate each different specified bending moment with loads determined according to Clause M.1.

The test load shall be the maximum permissible dynamic service load (MPDSL), i.e. the 100 % value of Clause M.3.

The tests shall be carried out without internal pressure.

NOTE Polymer-housed arresters are additionally subjected to the moisture ingress test (see 10.8.13), where the maximum continuous cantilever load is applied in different directions and under different temperatures.

8.9.2 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Prior to the tests, each test sample shall be subjected to a leakage check (see item d) of 9.1) and an internal partial discharge test (see item c) of 9.1).

8.9.3 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

8.9.4 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

– no visible mechanical damage;
– a force-deflection curve without discontinuity;
– the strain condition of the housing after removal of the bending load is within ±5 % of the strain condition before application of the bending load;

  NOTE The value of ±5 % is given for guidance and is still under consideration.

– a successful leakage check in accordance with item d) of 9.1;
– internal partial discharge level not exceeding the value specified in item c) of 9.1.

8.10 Environmental tests

8.10.1 General

The environmental tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the arrester are not impaired by environmental conditions.

Arresters, which differ only in terms of their dimensions, and which are otherwise based on the same design and material, are considered to be the same type of arrester.

For arresters with an enclosed gas volume and a separate sealing system, the internal parts may be omitted.

The tests specified below (see 8.10.3) shall be performed one after the other on one sample.

The temperature cycling test shall be carried out first.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.10.2 Préparation des échantillons

Avant les essais, l'échantillon doit être soumis aux contrôles d'étanchéité du point 9.1 d).

8.10.3 Procédure d'essais

8.10.3.1 Essai de cycles de températures

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai Nb de la CEI 60068-2-14.

La période chaude doit correspondre à une température d'au moins +40 °C, mais sans excéder +70 °C. La période froide doit correspondre à une température inférieure d'au moins 85 K à la température appliquée en période chaude; toutefois, la température la plus basse en période froide ne doit pas être inférieure à –50 °C.

– gradient de variation de température: 1 K/min;
– durée de chaque palier de température: 3 h;
– nombre de cycles: 10.

8.10.3.2 Essai au dioxyde de soufre

L'essai doit être effectué conformément aux Articles 4 et 6, s'ils sont applicables, de la CEI 60068-2-42.

– concentration en dioxyde sulfurique : $2{,}5 \times 10^{-6}$ ($\pm$ 5 $\times 10^{-6}$) (vol./vol.);
– durée de l'essai : 21 jours (20 cycles de 24 h chacun).

8.10.3.3 Essai au brouillard salin

L'essai doit être effectué conformément à l'Article 4 et à 7.6, s'ils sont applicables, de la CEI 60068-2-11.

– concentration en sel: 5 % $\pm$ 1 % en poids;
– durée de l'essai: 96 h.

8.10.4 Evaluation de l'essai

Les mesures effectuées avant l'essai doivent être réitérées. Le parafoudre doit être considéré comme satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

– aucun dommage mécanique visible;
– mesure du taux de fuite conformément au point d) de 9.1.

8.11 Essai de mesure du taux de fuite

8.11.1 Généralités

Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau de l'assemblage complet du parafoudre.

L'essai doit être réalisé sur une unité complète. Les éléments internes peuvent être retirés. Si le parafoudre contient des éléments avec systèmes d'étanchéité différents, l'essai doit être réalisé sur chaque élément ayant un système d'étanchéité différent.

8.11.2 Préparation des échantillons

L'échantillon en essai doit être neuf et propre.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.10.2 Sample preparation

Prior to the tests, the test sample shall be subjected to the leakage check of item d) of 9.1.

8.10.3 Test procedure

8.10.3.1 Temperature cycling test

The test shall be performed according to test Nb of IEC 60068-2-14.

The hot period shall be at a temperature of at least +40 °C, but not higher than +70 °C. The cold period shall be at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than –50 °C:

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

8.10.3.2 Sulphur dioxide test

The test shall be performed according to Clauses 4 and 6, as applicable, of IEC 60068-2-42:

– sulphur dioxide concentration : 25×10^{-6} ($\pm 5 \times 10^{-6}$) (vol./vol.);
– test duration : 21 days (20 cycles of 24 h each).

8.10.3.3 Salt mist test

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

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

8.10.4 Test evaluation

The measurements performed before the test shall be repeated. The arrester shall be considered satisfactory if the results demonstrate the following:

– no visible mechanical damage;
– a successful leakage check according to item d) of 9.1.

8.11 Seal leak rate test

8.11.1 General

This test demonstrates the gas/watertightness of the complete system.

The test shall be performed on one complete arrester unit. The internal parts may be omitted. If the arrester contains units with differences in their sealing system, the test shall be performed on one unit each, representing each different sealing system.

8.11.2 Sample preparation

The test sample shall be new and clean.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.11.3 Procédure d'essais

Le constructeur peut utiliser toute méthode appropriée à la mesure d'un taux de fuite dans les limites spécifiées.

NOTE Des procédures d'essais sont spécifiées dans la CEI 60068-2-17.

8.11.4 Evaluation de l'essai

Le taux de fuite maximal (voir Article M.4) doit être inférieur à

$$1\ \mu W = 1 \times 10^{-6}\ Pa.m^3/s$$

NOTE Cet essai de type donne des informations sur l'efficacité du système d'étanchéité et est donc très sensible. Pour les essais individuels, effectués pour vérifier l'assemblage correct du parafoudre, des valeurs plus élevées du taux de fuite peuvent être retenues afin de faciliter la réalisation de l'essai en production (voir point d) de 9.1).

8.12 Essai aux tensions perturbatrices RF (RIV)

Ces essais s'appliquent à des parafoudres en plein air qui ont une tension assignée de 77 kV et plus. L'essai doit être effectué sur le parafoudre le plus long, avec la tension assignée la plus forte utilisée pour un type particulier de parafoudre.

NOTE 1 Un essai sur un élément, partie ou unité de parafoudre ne peut être considéré comme suffisant à cause de la non-linéarité de la distribution de potentiel le long d'un parafoudre complet.

NOTE 2 Pour cet essai, «type particulier de parafoudre» signifie aussi qu'il y a des configurations d'anneaux de garde identiques.

Les parafoudres en cours d'essai doivent être complètement assemblés et munis des fixations (axe et bornes de mise à la terre, anneaux de garde, etc.) que le fabricant offre comme équipement standard du parafoudre.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et la base mise à la terre.

Les parties de mise à la terre du parafoudre doivent être reliées à la terre. Il convient de prendre soin d'éviter d'influencer les mesures par la présence d'objets reliés à la terre ou non à proximité des parafoudres et du circuit d'essai et de mesure.

Les connections d'essai et leurs extrémités ne doivent pas être sources de perturbation radio de valeur supérieures à celles indiquées ci-dessous.

Le circuit de mesure doit être conforme aux prescriptions de la CISPR 16-2 du Comité Spécial International sur les Perturbations Radioélectriques (CISPR). Il convient que les circuits de mesure soient accordés sur une fréquence de 0,5 MHz à 10 % près mais d'autres fréquences dans la gamme de 0,5 MHz à 2 MHz peuvent être utilisées, la fréquence de mesure devant être enregistrée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

Si des impédances de mesure différentes de celles spécifiées par les publications du CISPR sont utilisées, elles ne doivent pas s'en écarter de plus de 600 Ω; dans tous les cas l'angle de phase n'excédera pas 20°. La tension équivalente de perturbation radio rapportée à 300 Ω peut être calculée, en admettant que la tension mesurée soit directement proportionnelle à la résistance.

Le filtre F doit avoir une impédance élevée de telle sorte que vue du parafoudre en essai l'impédance entre le conducteur à haute tension et la terre ne soit pas sensiblement dérivée. Ce filtre réduit aussi les courants de radiofréquence en circulation dans le circuit d'essai, générée par le transformateur à haute tension ou reçus à partir de sources sans rapport avec l'essai. Il a été établi qu'une valeur convenable pour cette impédance était celle de 10 000 Ω à 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

8.11.3 Test procedure

The manufacturer may use any sensitive method suitable for the measurement of the specified seal leak rate.

NOTE Some test procedures are specified in IEC 60068-2-17.

8.11.4 Test evaluation

The maximum seal leak rate (see Clause M.4) shall be lower than

$$1\ \mu W = 1 \times 10^{-6}\ Pa.m^3/s$$

NOTE This type test provides information concerning the efficiency of the sealing system and is therefore very sensitive. For routine tests, which are performed to verify correct assembly of the arrester, higher values of the seal leak rate may be adopted in order to reduce test efforts during production (see item d) of 9.1).

8.12 Radio interference voltage (RIV) test

These tests apply to open-air surge arresters having a rated voltage of 77 kV and above. The test shall be performed on the longest arrester, with the highest rated voltage used for a particular arrester type.

NOTE 1 A test on an element, part or unit of an arrester cannot be considered adequate because of the non-linearity of the potential distribution along a complete arrester.

NOTE 2 For this test, particular arrester type means also to have identical grading rings configurations.

Surge arresters under test shall be fully assembled, and shall include the fittings (line and earth terminals, grading rings, etc.) that the manufacturer offers as standard equipment for the arrester.

The test voltage shall be applied between the terminals and the earthed base.

Earthed parts of the arrester shall be connected to earth. Care should be taken to avoid influencing the measurements by earthed or unearthed objects near to the surge arresters and to the test and measuring circuit.

The test connections and their ends shall not be a source of radio interference voltage of higher values than those indicated below.

The measuring circuit shall comply with CISPR 16-2 of the International Special Committee on Radio Interference (CISPR). The measuring circuit should preferably be tuned to a frequency within 10 % of 0,5 MHz but other frequencies in the range 0,5 MHz to 2 MHz may be used, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

If measuring impedances different from those specified in the CISPR publications are used, they shall be not more than 600 Ω; in any case, the phase angle shall not exceed 20°. The equivalent radio interference voltage referred to 300 Ω can be calculated, assuming the measured voltage to be directly proportional to the resistance.

The filter F shall have a high impedance so that the impedance between the high-voltage conductor and earth is not appreciably shunted as seen from the surge arrester under test. This filter also reduces circulating radiofrequency currents in the test circuit, generated by the high-voltage transformer or picked up from extraneous sources. A suitable value for its impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Des moyens doivent être employés pour s'assurer que le niveau de bruit parasite des perturbations radio (niveau de perturbation radio occasionné par le champ externe et par le transformateur haute tension lorsqu'il est magnétisé à la tension d'essai maximale) est au moins de 6 dB et de préférence 10 dB au-dessous du niveau d'interférence radio spécifié du parafoudre à essayer. Les méthodes de calibration pour les instruments de mesure sont données par la CISPR 18-2.

Puisque le niveau d'interférence peut être affecté par la chute de fibres ou de poussière sur les isolateurs, il est permis d'essuyer les isolateurs avec un chiffon propre avant de prendre une mesure. Les conditions atmosphériques en cours d'essai seront enregistrées. On ne sait pas quels facteurs de correction appliquer aux fréquences d'essai de perturbation radio mais l'on sait que l'essai peut être influencé par une humidité relative élevée et les résultats de l'essai peuvent être douteux si l'humidité relative dépasse 80 %.

La procédure d'essai suivante doit être appliquée

La tension d'essai doit être augmentée jusqu'à 1,15 U_c puis abaissée à 1,05 U_c, valeur qui devra être maintenue pendant 5 min, U_c étant la tension de régime permanent du parafoudre. La tension doit être abaissée par pas jusqu'à 0,5 fois U_c, puis élevée à nouveau par pas jusqu'à 1,05 U_c pendant 5 min et finalement abaissée par pas jusqu'à 0,5 fois U_c. A chaque pas, une mesure de perturbation radio doit être effectuée et le niveau d'interférence radio, tel qu'enregistré au cours de la dernière série de réduction de la tension, doit être relevé en fonction de la tension appliquée; la courbe ainsi obtenue est la caractéristique de perturbation radio du parafoudre. Les pas d'amplitude de tension doivent être approximativement de 0,1 U_c.

Le parafoudre a satisfait à l'essai si le niveau de perturbation radio à 1,05 fois U_c et à tous les pas de tension inférieurs n'excède pas 2 500 μV.

Cet essai RIV peut être omis, si le même parafoudre a satisfait aux essais de décharge partiels (dans ce cas, les décharges internes et externes doivent être mesurées, c'est-à-dire sans utiliser d'écrans pour les connexions ou les anneaux de garde ou d'autres parties des parafoudres).

9 Essais individuels et essais de réception

9.1 Essais individuels

Le constructeur doit effectuer comme essais individuels au moins

a) la mesure de la tension de référence (U_{ref}) (voir 3.35 et 6.2). Les valeurs mesurées doivent être comprises entre des limites spécifiées par le constructeur;

b) l'essai de vérification de la tension résiduelle. Cet essai est obligatoire pour les parafoudres dont la tension assignée est supérieure à 1 kV. Il peut être effectué soit sur des parafoudres complets, soit sur des éléments de parafoudres assemblés, soit sur un échantillon composé d'une ou plusieurs varistances. Le constructeur doit spécifier un courant de choc de foudre convenable compris entre 0,01 et 2 fois le courant nominal auquel la tension résiduelle est mesurée. Si on ne la mesure pas directement, la tension résiduelle du parafoudre complet est prise comme étant la somme des tensions résiduelles des varistances, ou des éléments de parafoudre séparés. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur;

NOTE 1 Quand des parafoudres 2 500 A et 5 000 A dont la tension assignée est inférieure à 36 kV, sont fournis en grande quantité, on peut, sous réserve d'un accord entre le constructeur et le client, supprimer des essais individuels l'essai de vérification de la tension résiduelle.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Means shall be employed to ensure that the radio interference background level (radio interference level caused by external field and by the high-voltage transformer when magnetized at the full test voltage) is at least 6 dB and preferably 10 dB below the specified radio interference level of the surge arrester to be tested. Calibration methods for the measuring instrument are given in CISPR 18-2.

As the radio interference level may be affected by fibres or dust settling on the insulators, it is permitted to wipe the insulators with a clean cloth before taking a measurement. The atmospheric conditions during the test shall be recorded. It is not known what correction factors apply to radio interference testing but it is known that test may be sensitive to high relative humidity and the results of test may be open to doubt if the relative humidity exceeds 80 %.

The following test procedure shall be followed.

The test voltage is increased to 1,15 U_c and then lowered to 1,05 U_c, where it shall be maintained for 5 min, U_c being the continuous operating voltage of the arrester. The voltage shall then be decreased by steps to 0,5 times U_c, raised again by steps to 1,05 U_c for 5 min and finally decreased by steps to 0,5 times U_c. At each step, a radio interference measurement shall be taken and the radio interference level, as recorded during the last series of voltage reductions, shall be plotted versus the applied voltage; the curve so obtained is the radio interference characteristic of the surge arrester. The amplitude of voltage steps shall be approximately 0,1 U_c.

The surge arrester shall have passed the test if the radio interference level at 1,05 times U_c and all lower voltage steps does not exceed 2 500 μV.

This RIV test may be omitted, if the same arrester has passed the partial discharge test (in this case, internal and external discharges shall be measured, i.e. with no shielding devices used for the connections or the grading rings or other parts of the arresters).

9 Routine tests and acceptance tests

9.1 Routine tests

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

a) measurement of reference voltage (U_{ref}) (see 3.35 and 6.2). The measured values shall be within a range specified by the manufacturer;

b) residual voltage test. This test is compulsory for arresters with rated voltage above 1 kV. The test may be performed either on complete arresters, assembled arrester units or on a sample comprising one or several resistor elements. The manufacturer shall specify a suitable lightning impulse current in the range between 0,01 and 2 times the nominal current at which the residual voltage is measured. If not directly measured, the residual voltage of the complete arrester is taken as the sum of the residual voltages of the resistor elements or the individual arrester units. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than the value specified by the manufacturer.

NOTE 1 When 5 000 A and 2 500 A arresters below 36 kV rating are supplied in volume, the residual voltage test may be omitted in the routine tests if agreed between manufacturer and purchaser.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

c) l'essai de décharges partielles internes doit être réalisé sur chaque élément de parafoudre. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

La tension à fréquence industrielle doit être augmentée jusqu'à la tension assignée de l'échantillon, maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite à 1,05 fois sa tension de service permanent. A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. La valeur mesurée pour les décharges partielles internes ne doit pas excéder 10 pC. Alternativement, le constructeur peut réaliser la mesure des décharges partielles internes à la tension assignée ou à une valeur de tension supérieure, sans réduire la tension d'essai par la suite;

d) pour les éléments de parafoudre à enveloppe étanche, le contrôle de l'étanchéité doit être fait sur chaque élément au moyen de toute méthode sensible adoptée par le constructeur;

e) L'essai de répartition du courant pour les parafoudres à plusieurs colonnes doit être effectué sur tous les ensembles de varistances en parallèle. Un ensemble de varistances en parallèle désigne une partie du montage où aucune connexion électrique intermédiaire n'est utilisée entre les colonnes. Le constructeur doit spécifier un courant de choc convenable compris entre 0,01 et 1 fois le courant nominal de décharge pour lequel le courant traversant chaque colonne doit être mesuré.

La valeur de courant la plus élevée ne doit pas être supérieure à la limite maximale spécifiée par le constructeur. Le choc de courant ne doit pas avoir une durée conventionnelle du front inférieure à 7 µs et la durée jusqu'à la mi-valeur peut prendre n'importe quelle valeur.

NOTE 2 Si la tension assignée des ensembles de varistances en parallèle utilisés dans la construction est trop élevée pour les moyens d'essais disponibles, on peut réduire la tension assignée de l'ensemble de varistances en parallèle utilisé dans cet essai en introduisant des connexions électriques intermédiaires entre les colonnes, établissant ainsi plusieurs ensembles artificiels de varistances en parallèle. Chacun de ces ensembles artificiels satisfera l'essai spécifié de répartition du courant.

9.2 Essais de réception

9.2.1 Essais de réception normaux

Lorsque des essais de réception ont été spécifiés par le client dans la commande, les essais suivants doivent être effectués sur le nombre entier inférieur le plus proche de la racine cubique du nombre de parafoudres commandés.

a) Mesure de la tension à fréquence industrielle sur le parafoudre complet au courant de référence mesuré à la base du parafoudre. La valeur mesurée doit être comprise entre des limites spécifiées par le constructeur. Pour les parafoudres à plusieurs éléments, cette valeur peut s'écarter de la tension de référence du parafoudre.

b) Tension résiduelle aux chocs de foudre sur le parafoudre complet ou sur des éléments de parafoudre (voir 8.3) au courant nominal de décharge, quand cela est possible, ou à une valeur de courant choisie conformément à 8.3. Dans ce cas, la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue est moins importante et ne doit pas nécessairement être obtenue.

La tension résiduelle d'un parafoudre complet est prise comme la somme des tensions résiduelles des différents éléments de parafoudre. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur.

c) Essai de décharge partielle interne

L'essai doit être executé sur un parafoudre complet ou sur des éléments de parafoudre. L'échantillon d'essai peut être protégé contre les décharges partielles internes.

la tension à fréquence industrielle doit être élevée jusqu'à sa valeur assignée et dans un temps compris entre 2 s et 10 s, puis abaissée jusqu'à 1,05 fois sa tension de régime permanent. Le niveau de décharges partielles doit être mesuré à cette tension selon la CEI 60270. L'intensité des décharges partielles internes mesurée ne doit pas dépasser 10 pC.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

c) internal partial discharge test. This test shall be performed on each arrester unit. The test sample may be shielded against external partial discharges.

The power-frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC. Alternatively, the manufacturer may carry out the partial discharge measurement at the rated voltage or at a higher value without reducing the test voltage afterwards;

d) for arrester units with sealed housing, a leakage check shall be made on each unit by any sensitive method adopted by the manufacturer;

e) current distribution test for multi-column arrester. This test shall be carried out on all groups of parallel resistors. A group of parallel resistors means a part of the assembly where no intermediate electrical connection between the columns is used. The manufacturer shall specify a suitable impulse current in the range 0,01 to 1 times the nominal discharge current at which the current through each column shall be measured.

The highest current value shall not be higher than an upper limit specified by the manufacturer. The current impulse shall have a virtual front time of not less than 7 μs and the half-value time may have any value.

NOTE 2 If the rated voltage of the groups of parallel resistors used in the design is too high compared to available test facilities, the rated voltage of the group of parallel resistors used in this test can be reduced by introducing intermediate electrical connections between the columns, thereby establishing several artificial groups of parallel resistors. Each such artificial group will then pass the current distribution test specified.

9.2 Acceptance tests

9.2.1 Standard acceptance tests

When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, the following tests shall be made on the nearest lower whole number to the cube root of the number of arresters to be supplied.

a) Measurement of power-frequency voltage on the complete arrester at the reference current measured at the bottom of the arrester. The measured value shall be within a range specified by the manufacturer. For multi-unit arresters, the value may deviate from the reference voltage of the arrester.

b) Lightning impulse residual voltage on the complete arrester or arrester unit (see 8.3), at nominal discharge current if possible or at a current value chosen according to 8.3. In this case, the virtual time to half-value on the tail is less important and need not be complied with.

The residual voltage of a complete arrester is taken as the sum of the residual voltages of the individual arrester units. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than a value specified by the manufacturer.

c) Internal partial discharge test

The test shall be performed on the complete arrester or the arrester units. The test sample may be shielded against external partial discharges.

The power-frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Toute modification dans le nombre d'échantillons ou le type d'essai doit être discutée entre le constructeur et le client.

9.2.2 Essai spécial de stabilité thermique

L'essai suivant doit faire l'objet d'un accord spécial préalable au début du montage du parafoudre, entre le constructeur et le client (voir 6.7).

Cet essai doit être effectué sur trois fractions totalement différentes; ces fractions seront constituées par des résistances variables à oxyde métallique prises dans la fabrication courante et ayant des dimensions et caractéristiques identiques à celles des varistances utilisées dans les parafoudres soumis à l'essai. L'essai consiste en une partie de l'essai de fonctionnement approprié au type de parafoudre selon les indications des Figures 4, 5 et C.2.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, en vue de prouver la stabilité thermique, on doit surveiller la température des résistances à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée. L'essai est passé avec succès si l'on obtient une stabilité thermique sur les trois échantillons (voir 8.5.6). Si un seul échantillon échoue, tout nouvel essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

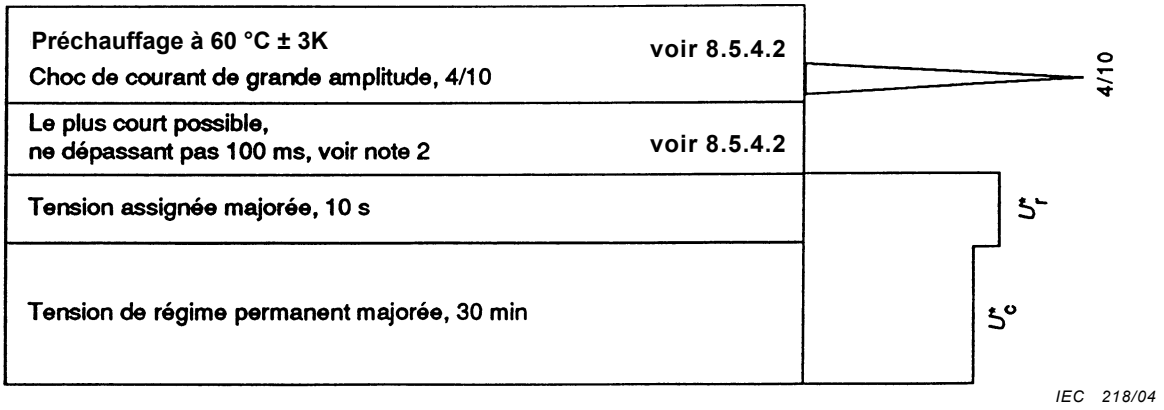


Figure 4 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 10 000 A de classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Any alteration in the number of test samples or type of test shall be negotiated between the manufacturer and the purchaser.

9.2.2 Special thermal stability test

The following test requires additional agreement between manufacturer and purchaser prior to the commencement of arrester assembly (see 6.7).

This test shall be performed on three totally different test sections consisting of metal-oxide resistors taken from current routine production and having the same dimensions and characteristics as those of the arresters under test. The test consists of a part of the operating duty test relevant to the type of arrester as indicated in Figures 4, 5 and C.2.

Metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power frequency voltage application to prove thermal stability. The test is passed if thermal stability occurs in all three samples (see 8.5.6). If one sample fails, agreement shall be reached between the manufacturer and the purchaser regarding any further tests.

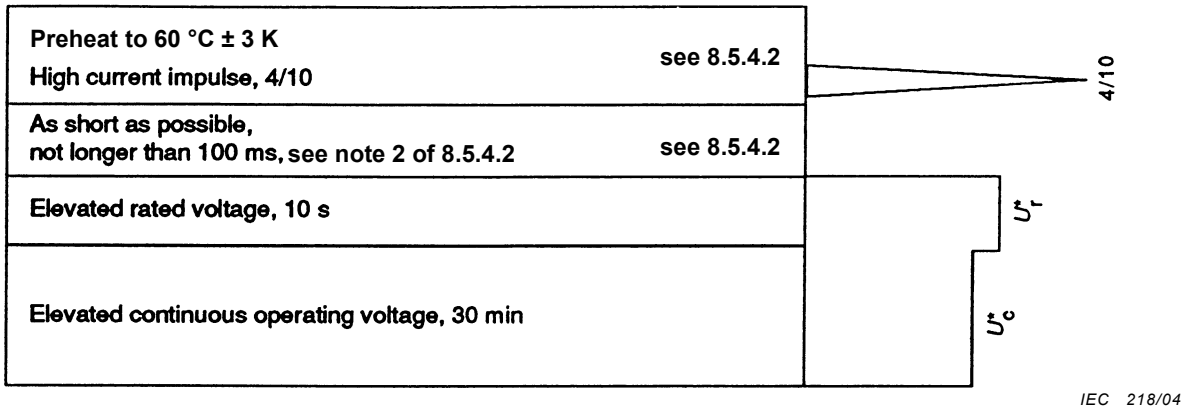


Figure 4 – Thermal stability test on 10 000 A line discharge Class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

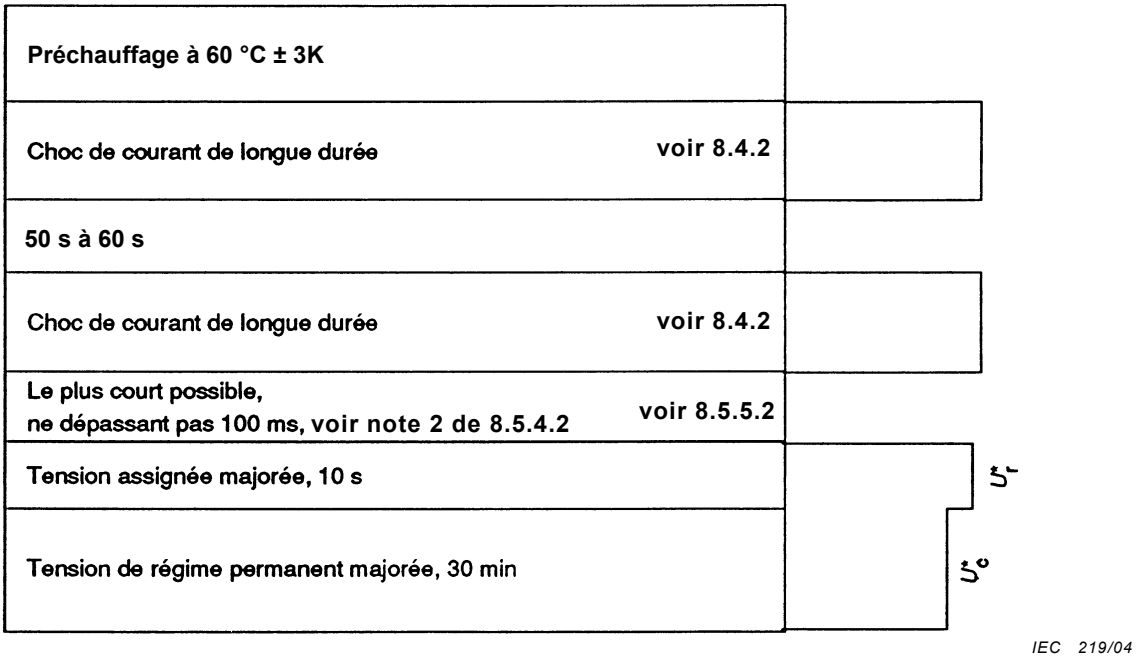


Figure 5 – Essai de stabilité thermique pour les parafoudres 10 000 A des classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A des classes de décharge de ligne 4 et 5

10 Prescriptions d'essais pour les parafoudres à enveloppe synthétique

10.1 Domaine d'application

Voir Article 1.

10.2 Références normatives

Voir Article 2.

10.3 Termes et définitions

Voir Article 3

10.4 Identification et classification

Voir Article 4.

10.5 Caractéristiques assignées et conditions de service

Voir Article 5.

10.6 Prescriptions

Les prescriptions de l'Article 6 s'appliquent avec les modifications suivantes:

6.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre – modifié par 10.8.2

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

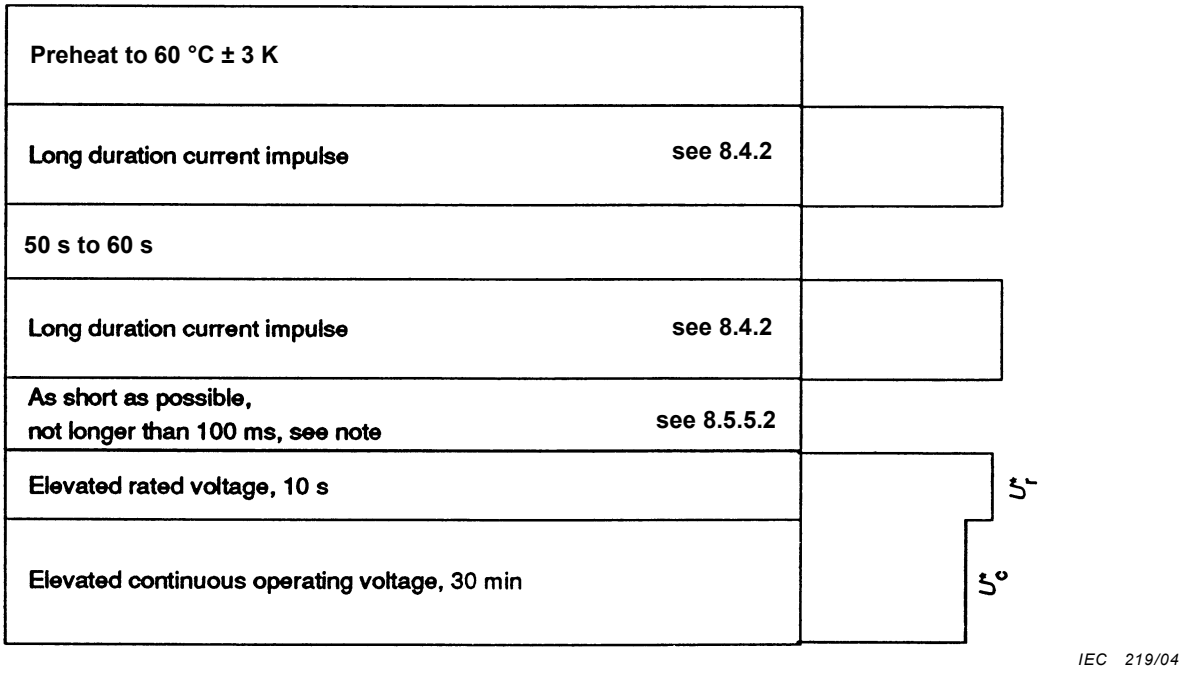


Figure 5 – Thermal stability test on 10 000 A arresters line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge Classes 4 and 5

10 Test requirements on polymer-housed surge arresters

10.1 Scope

See Clause 1.

10.2 Normative references

See Clause 2.

10.3 Terms and definitions

See Clause 3

10.4 Identification and classification

See Clause 4.

10.5 Standard ratings and service conditions

See Clause 5.

10.6 Requirements

The requirements of Clause 6 apply except for the following:

6.1 Insulation withstand of the arrester housing – modified by 10.8.2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.8 Tenue au choc de courant de longue durée – modifié par 10.8.4

6.9 Fonctionnement des parafoudres – modifié par 10.8.5

Des exigences supplémentaires sont spécifiées pour l'étanchéité (voir 10.8.13) et le vieillissement sous contraintes climatiques (voir 10.8.14).

10.7 Conditions générales d'exécution des essais

Voir Article 7.

10.8 Essais de type (essais de conception)

10.8.1 Généralités

Les essais de type à réaliser sur les parafoudres à enveloppe synthétique sont ceux définis dans l'Article 8 modifié comme indiqué ci-après:

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre:

1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre (voir 10.8.2).

3) Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée (voir 10.8.4).

4) Essais de fonctionnement (voir 10.8.5).

6) Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut (voir 10.8.6).

7) Les essais de pollution artificielle de l'Annexe F ne sont pas applicables

De plus, les essais suivants doivent être réalisés:

13) Essai d'étanchéité (voir 10.8.13)

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister à la pénétration d'humidité après avoir été soumis aux contraintes mécaniques spécifiées.

14) Essai de vieillissement climatique (voir 10.8.14)

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister aux conditions climatiques spécifiées.

NOTE Cet essai ne s'applique pas aux parafoudres à enveloppe synthétique uniquement destinés à un usage intérieur.

10.8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Le paragraphe 8.2 s'applique, sauf pour ce qui suit:

10.8.2.2 Essais sur fraction électrique individuelle

Ce paragraphe remplace 8.2.2.

Les essais applicables doivent être réalisés sur la fraction électrique la plus longue. Si celle-ci ne représente pas la contrainte de tension spécifique par unité de longueur la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être effectués sur la fraction présentant la plus forte contrainte de tension spécifique. Les parties internes peuvent être remplacées par un arrangement équivalent (éléments de répartition par exemple) pour assurer une répartition linéaire de la tension le long de l'axe du parafoudre.

Pour les conceptions où l'isolation externe est moulée directement sur les résistances ou un substrat d'isolation quelconque, ces essais peuvent être réalisés avec un revêtement moulé sur un substrat isolant approprié.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.8 Long-duration current impulse withstand – modified by 10.8.4.

6.9 Operating duty – modified by 10.8.5.

Additional requirements are imposed for moisture ingress (see 10.8.13) and weather ageing (see 10.8.14)

10.7 General testing procedure

See Clause 7.

10.8 Type tests (design tests)

10.8.1 General

Type tests defined in Clause 8 shall be performed, except as indicated below:

1) Insulation withstand tests on the arrester housing – see 10.8.2.

3) Long-duration current impulse withstand test – see 10.8.4.

4) Operating duty tests – see 10.8.5.

6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – see 10.8.6.

7) Artificial pollution tests of Annex F do not apply.

In addition, the following tests are to be made

13) Moisture ingress test (see 10.8.13)

This test demonstrates the ability of the arrester to resist ingress of moisture after being subjected to specified mechanical stresses.

14) Weather ageing test (see 10.8.14)

This test demonstrates the ability of the arrester to withstand specified climatic conditions.

NOTE This test does not apply to polymer-housed arresters intended for indoor use only.

10.8.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

Subclause 8.2 applies, except as follows:

10.8.2.2 Tests on individual electrical section

This subclause replaces 8.2.2.

The applicable tests shall be run on the longest electrical section. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the electrical section having the highest specific voltage stress. The internal parts may be replaced by an equivalent arrangement (for example, grading elements) to provide linear voltage distribution along the arrester axis.

In design cases where the external insulation is moulded directly onto the resistors or some insulating material substrate, these tests may be performed with the housing moulded on to a suitable insulating substrate.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.3 Essais de vérification des tensions résiduelles

Le paragraphe 8.3 s'applique sans modification.

10.8.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 8.4 s'applique, sauf pour ce qui suit:

10.8.4.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.4.1.

Avant les essais, on doit mesurer, à des fins d'évaluation, sur chaque échantillon essayé, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge.

Chacun des essais de tenue aux courants de choc de longue durée doit être effectué conformément à 7.3 et 8.1 sur trois échantillons neufs de parafoudres complets, de fractions de parafoudre ou de varistances n'ayant subi aucun essai antérieurement à l'exception de celui spécifié ci-dessus à des fins d'évaluation. Pendant les essais, les résistances variables à oxyde métallique peuvent être exposées à l'air libre immobile à une température de 20 °C ± 15 K. La tension assignée des échantillons essayés doit être au moins 3 kV, si la tension assignée du parafoudre n'est pas inférieure à cette valeur, mais n'a pas besoin de dépasser 6 kV. Si le parafoudre considéré comporte un dispositif de déconnexion, ces essais doivent être effectués avec le dispositif en état de fonctionnement (voir 8.6).

Chaque essai aux courants de choc de longue durée comporte l'application de 18 décharges réparties en 6 séries de 3 décharges. Les intervalles entre les décharges doivent être de 50 s à 60 s et les intervalles entre les séries doivent être suffisants pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante.

A la suite de l'essai aux courants de longue durée et après refroidissement de l'échantillon à une température voisine de la température ambiante, on recommencera les essais de vérification de la tension résiduelle effectués avant l'essai aux courants de longue durée, en vue de comparer les valeurs mesurées avec celles obtenues avant l'essai et les valeurs ne doivent pas avoir varié de plus de 5 %.

Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, l'examen visuel des échantillons après l'essai doit révéler l'absence de toute trace de perforation, d'amorçage, de fissure ou d'autre détérioration importante des résistances à oxyde métallique. Dans les autres cas, l'inspection visuelle des parafoudres à enveloppe synthétique ne concerne que leurs éléments extérieurs. Pour contrôler l'intégrité de leurs éléments internes, un choc supplémentaire de courant de longue durée doit être appliqué, après avoir laissé l'échantillon refroidir jusqu'à température ambiante, pour s'assurer qu'aucun dommage n'a été provoqué. Si l'échantillon a résisté sans dommages à ce 19e choc de courant de longue durée, selon les enregistrements oscillographiques, l'essai est positif.

10.8.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 8.5 s'applique, sauf pour ce qui suit:

10.8.5.3.2 Prescriptions pour les fractions de parafoudre

Ce paragraphe remplace 8.5.3.2.

Le présent paragraphe spécifie un modèle thermique pour les fractions de parafoudre et doit être appliqué s'il est prescrit d'établir l'équivalence thermique.

a) Le modèle doit simuler, électriquement et thermiquement, une tranche de la partie active du parafoudre à modéliser.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.3 Residual voltage tests

Subclause 8.3 applies without modification.

10.8.4 Long-duration current impulse withstand test

Subclause 8.4 applies, except as follows:

10.8.4.1 General

This subclause replaces 8.4.1.

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

Each long-duration current impulse withstand test shall be made in accordance with 7.3 and 8.1 on three new samples of complete arresters, arrester sections or resistor elements which have not been subjected previously to any test except that specified above for evaluation purposes. The non-linear metal-oxide resistors may be exposed to the open air at a still air temperature of 20 °C ± 15 K during these tests. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not less than this and need not exceed 6 kV. If an arrester disconnector/fault indicator is built into the design of the arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector/fault indicator in operable condition (see 8.6).

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

Following the long-duration current test and after the sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made before the long-duration current test shall be repeated for comparison with the values obtained before the test and the values shall not have changed by more than 5 %.

If the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover, cracking or other significant damage of the metal-oxide resistors. In the other cases, visual inspection applies only to external parts. To check the integrity of the internal parts, an additional long-duration current impulse shall be performed after the sample has cooled down to ambient temperature to verify that no damage occurred. If the sample has withstood this 19th long-duration current impulse with no damage (checked by the oscillographic records), then the sample has passed the test.

10.8.5 Operating duty tests

Subclause 8.5 applies, except as follows:

10.8.5.3.2 Arrester section requirements

This subclause replaces 8.5.3.2.

This subclause specifies a thermal model of the arrester section and shall be followed when thermal equivalence is required.

a) The model shall electrically and thermally represent a sliced portion of the active part of the arrester being modelled.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) L'enveloppe doit répondre aux prescriptions suivantes:

1) le matériau doit être le même que celui de l'enveloppe du parafoudre;
2) le diamètre intérieur doit être le même que celui du parafoudre ±5 %;
3) la masse totale de l'enveloppe ne doit pas dépasser de plus de 10 % la masse de la fraction d'enveloppe moyenne du parafoudre à modéliser;
4) l'enveloppe doit être suffisamment longue pour contenir la fraction de parafoudre;
5) l'arrangement interne doit être le même que celui du parafoudre complet. Autrement dit, il convient que la fraction représente une tranche du parafoudre.
6) une isolation peut être ajoutée à l'extrémité et, si nécessaire, autour de l'enveloppe pour répondre aux exigences thermiques de l'Annexe B.

c) Le conducteur utilisé pour les connexions électriques de l'échantillon est un fil de cuivre dont le diamètre maximal est 3 mm.

10.8.5.4.1 Conditionnement

Ce paragraphe remplace 8.5.4.1.

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement comportant 20 chocs de courant de foudre 8/20 selon 3.17 et dont la valeur de crête est égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon d'essai est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. L'application des vingt chocs se fait en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps séparant les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant doit être de la même polarité que la demi-période de tension à la fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

Si les résistances ne sont pas en contact direct avec un matériau solide, l'essai de conditionnement peut être réalisé à l'air libre. Dans les autres cas, cet essai de conditionnement doit être réalisé sur la fraction à une température d'air non ventilé de 20 °C ± 15 K.

La valeur de crête mesurée du choc de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

Après l'essai de conditionnement, les varistances sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans les essais de fonctionnement (voir Figure 1 et Figure C.1).

10.8.5.4.2 Application des chocs

Ce paragraphe remplace 8.5.4.2.

Au début de l'essai de fonctionnement, la température de la fraction complète doit être de 20 °C ± 15 K.

On soumet la fraction à deux chocs de courant de grande amplitude dont la valeur de crête et la forme d'onde sont spécifiées dans le Tableau 8. On soumet les parafoudres pour courants de foudre élevés spécifiés dans l'Annexe C à trois chocs 30/80 dont la valeur de crête est 40 kA.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) The housing shall meet the following requirements:
   1) the material shall be the same as that of the arrester housing;
   2) the inside diameter shall be the same as that of the arrester ±5 %;
   3) the total mass of the housing shall not be more than 10 % greater than the mass of the average housing section of the arrester being modelled.
   4) the housing shall be long enough to enclose the arrester section.
   5) the internal arrangement shall be the same as that of the complete arrester. This means that the section should represent a slice of the surge arrester;
   6) insulation may be added at the end and, if necessary, around the housing to meet the thermal requirement of Annex B.
c) The maximum conductor size used for electrical connections within the sample is 3 mm diameter copper wire.

10.8.5.4.1 Conditioning

This subclause replaces 8.5.4.1.

The samples are exposed to a conditioning test consisting of 20 8/20 lightning current impulses according to 3.17 and having a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The 20 impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half-cycle of power-frequency voltage during which it occurs, and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power frequency voltage.

If the resistors are not in direct contact with a solid material, the conditioning test can be performed in the open air. In the other cases, this conditioning test shall be carried out on the section at a still air temperature of 20 °C ± 15 K.

The measured peak value of the current impulse shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

After this conditioning test the resistors are stored for future use in the operating duty tests (see Figures 1 and C.1).

10.8.5.4.2 Application of impulses

This subclause replaces 8.5.4.2.

At the beginning of the operating duty test the temperature of the complete section shall be 20 °C ± 15 K.

The section is subjected to two high current impulses with peak value and impulse shape as specified in Table 8. High lightning duty arresters specified in Annex C are subjected to three 30/80 impulses with a peak value of 40 kA.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude

Classification des parafoudres	Courant de crête 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE Selon les conditions de service, on pourra adopter pour le courant de crête des valeurs différentes (inférieures ou supérieures).	

Entre les deux chocs, la fraction doit être préchauffée dans une étuve de façon que la température au moment d'application du deuxième choc soit de 60 °C ± 3 K. Les essais doivent être effectués à la température ambiante de 20 °C ± 15 K.

Si, en raison d'une pollution élevée ou de conditions de service anormales, une température plus élevée est jugée nécessaire, la valeur plus élevée doit être utilisée pour l'essai à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai pour les courants de choc doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre les limites suivantes:

a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;

b) durée conventionnelle du front comprise entre 3,5 μs et 4,5 μs;

c) durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue comprise entre 9 μs à 11 μs;

d) la valeur de crête de toute onde de courant de la polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;

e) on admet la présence sur l'onde de petites oscillations à condition que leur amplitude au voisinage de la crête du choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, pour les besoins des mesures, on établit une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

L'essai de conditionnement et les chocs de courant de grande amplitude qui le suivent doivent être appliqués avec la même polarité.

Un circuit type pouvant être utilisé pour cet essai est décrit dans l'Annexe H.

Dès que possible après le dernier choc de courant de grande amplitude et avant que 100 ms ne se soient écoulées, on applique une tension à fréquence industrielle égale aux valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) (voir 8.5.2) pendant une durée de 10 s et de 30 min respectivement, pour mettre en évidence la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de grande amplitude est appliqué de préférence pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Le délai de 100 ms est admis en considérant les limitations pratiques du circuit d'essai.

On doit enregistrer le courant à chaque choc et les différents enregistrements de courant effectués sur un même échantillon ne doivent mettre en évidence aucune variation indiquant une perforation ou un contournement de l'échantillon.

Le courant à la valeur majorée de la tension de régime permanent (U_c^*) doit être enregistré de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table 8 – Requirements for high current impulses

Arrester classification	Peak current 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE According to service conditions other values (lower or higher) may be adopted for the peak current.	

Between the two impulses the section shall be preheated in an oven so that the temperature at the application of the second impulse is 60 °C ± 3 K. The tests shall be carried out at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value is used for the test if agreed to between manufacturer and purchaser.

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

a) from 90 % to 110 % of the specified peak value;

b) from 3,5 μs to 4,5 μs for virtual front time;

c) from 9 μs to 11 μs for virtual time to half-value on the tail;

d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;

e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The conditioning test and the following high current impulses shall be applied at the same polarity.

Annex H describes a typical test circuit which may be used.

As soon as possible, but not later than 100 ms after the last high current impulse, a power-frequency voltage equal to the elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*) (see 8.5.2) shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE To reproduce actual system conditions the second high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitations in the test circuit.

The current shall be recorded in each impulse and the current records from the same sample should show no difference that indicates puncture or flashover of the sample.

The current at the elevated continuous operating voltage (U_c^*) shall be registered continuously during the power-frequency voltage application.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique (voir 8.5.6).

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début des essais.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

Après cet essai de conditionnement les résistances sont remisées en vue d'une utilisation ultérieure pour les essais de fonctionnement (voir Figure 1 et Figure C.1).

Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, une inspection visuelle des résistances doit être faite afin de vérifier que l'essai n'a pas provoqué de perforation, contournement ou bris des résistances. Sinon des essais complémentaires doivent être effectués comme suit afin de s'assurer qu'aucun dommage ne s'est produit pendant l'essai.

– Avant les essais, la tension résiduelle au courant nominal de décharge I_n est mesurée sur les échantillons.
– Après les essais, deux chocs de courant à I_n sont appliqués aux échantillons, le premier étant appliqué à l'issue d'un délai suffisant pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à température ambiante, et le second étant appliqué entre 50 s et 60 s après le premier.
– Lors des deux chocs, il convient que les oscillogrammes de tension et de courant ne révèlent aucune rupture d'isolement et que l'écart de tension résiduelle entre la mesure initiale et le dernier choc de courant n'excède pas 5 %.

10.8.5.5.1 Conditionnement

Ce paragraphe remplace 8.5.5.1.

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement dont la première partie se compose de 20 chocs de courant 8/20 selon 3.17 avec une valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. Les vingt chocs sont appliqués en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps entre les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant doit être de la même polarité que la demi-période de tension à fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

Si les résistances ne sont pas en contact direct avec un matériau solide, l'essai de conditionnement peut être réalisé à l'air libre. Dans les autres cas, cet essai de conditionnement doit être réalisé sur la fraction à une température d'air non ventilé de 20 °C ± 15 K.

La deuxième partie du conditionnement consiste à appliquer deux chocs de courant de grande amplitude 100 kA 4/10 (voir 3.31). La valeur de crête mesurée des chocs de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway, see 8.5.6.

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %, and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

After this conditioning test, the resistors are stored for future use in the operating duty tests (see Figures 1 and C.1).

If the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, a visual examination of the resistors shall be made to verify that the test has not caused puncture, flashover or cracking of the resistors. Otherwise, additional tests shall be performed to be sure that no damage occurred during the test as follows.

– Before the tests, the residual voltage at the nominal discharge current I_n is measured on the samples.
– After the tests, two impulses at I_n are applied on the sample. The first impulse is applied after sufficient time to allow the cooling of the sample to ambient temperature. The second impulse is applied between 50 s to 60 s after the first one.
– During the two impulses, the oscillograms of both voltage and current should not reveal any breakdown. The variation of the residual voltage between the initial measurement and the last impulse should not be greater than 5 %.

10.8.5.5.1 Conditioning

This subclause replaces 8.5.5.1

The samples are exposed to a conditioning test the first part of which consists of 20 8/20 current impulses according to 3.17 and a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The 20 impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample shall be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half-cycle of power-frequency voltage during which it occurs and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power-frequency voltage.

If the resistors are not in direct contact with a solid material, the conditioning test can be performed in the open air. In other cases, this conditioning test shall be carried out on the section at a still air temperature of 20 °C ± 15 K.

The second part of the conditioning is the application of two high current impulses 100 kA 4/10 (see 3.31). The measured peak value of the current impulses shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Après ce conditionnement, les fractions sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans l'essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre.

10.8.5.5.2 Application des chocs

Ce paragraphe remplace 8.5.5.2.

Au début de l'essai de fonctionnement en surtensions de manœuvre, c'est-à-dire avant l'application de deux chocs de courant de longue durée, la température de la fraction complète doit être de 60 °C ± 3 K à la température ambiante de 20 °C ± 15 K.

Si une température plus élevée est jugée nécessaire, en raison d'une forte pollution ou de conditions de service anormales, la valeur plus élevée doit être utilisée à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

La fraction de parafoudre doit être soumise à deux chocs de courant de longue durée spécifiés au Tableau 5 pour les classes de décharge de ligne considérées. L'intervalle de temps entre les chocs doit être de 50 s à 60 s. Les chocs de conditionnement et les chocs de courant de longue durée doivent être appliqués avec la même polarité.

Dès que possible, après le deuxième choc de courant de longue durée et avant que 100 ms ne se soient écoulées, la fraction doit être déconnectée de la ligne et reliée à la source à fréquence industrielle. Les valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) déterminées lors de l'essai de vieillissement accéléré décrit en 8.5.2, doivent être appliquées pendant une durée respectivement de 10 s et de 30 min pour mettre en évidence soit la stabilité thermique, soit l'emballement thermique.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, il convient que le deuxième choc de courant de longue durée soit appliqué pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Les 100 ms sont admises étant donné les limitations pratiques du circuit d'essai.

Au deuxième choc de courant de longue durée, on effectue des enregistrements oscillographiques de la tension aux bornes de l'échantillon en essai et du courant le traversant. L'énergie dissipée par l'échantillon en essai doit être déterminée à partir des oscillogrammes de la tension et du courant, et la valeur de l'énergie doit être mentionnée dans le rapport d'essais de type. Le courant et la tension doivent être enregistrés de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique, ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on reprend les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début de l'essai.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable (voir 8.5.6), si la tension résiduelle mesurée avant et après l'essai n'a pas varié de plus de 5 %. Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, l'examen des échantillons essayés ne doit révéler ni perforation, ni contournement, ni fissures des résistances variables à oxyde métallique. Dans les autres cas l'inspection visuelle ne s'applique qu'aux parties externes. Pour contrôler l'intégrité de leurs éléments internes, un choc supplémentaire de courant de longue durée doit être appliqué après avoir laissé l'échantillon refroidir jusqu'à température ambiante pour s'assurer qu'aucun dommage n'a été provoqué. Si l'échantillon a résisté sans dommages à ce troisième choc de courant de longue durée, selon les enregistrements oscillographiques, l'essai est positif.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

After this conditioning the sections are stored for future use in the switching surge operating duty test.

10.8.5.5.2 Application of impulses

This subclause replaces 8.5.5.2.

At the beginning of the switching surge operating duty test, that is before the application of two long-duration current impulses, the temperature of the complete section shall be 60 °C ± 3 K at the ambient temperature of 20 °C ± 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value may be used for the test if agreed between manufacturer and purchaser.

The arrester section shall be subjected to two long-duration current impulses as specified in Table 5 for the relevant line discharge classes. The time interval between the impulses shall be 50 s to 60 s. The conditioning impulses and the long-duration current impulses shall be applied with the same polarity.

After the second long-duration current impulse, the section shall be disconnected from the line and connected to the power-frequency source as soon as possible but not later than 100 ms after the impulse. The elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*), determined from the accelerated ageing procedure described in 8.5.2, shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE To reproduce actual system conditions the second long-duration current impulse should be applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitation in the test circuit.

Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made at the second long-duration current impulse. The energy dissipated by the test sample during the second operation shall be determined from the voltage and current oscillograms, and the energy value shall be reported in the type test report. The current and voltage shall be registered continuously during the power frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power-frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway.

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved (see 8.5.6), if the change in residual voltage measured before and after the test is not more than 5 %. Also, if the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, visual examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors. In other cases, visual inspection applies only to external parts. To check the integrity of the internal parts, an additional long-duration current impulse shall be performed after the sample has cooled to ambient temperature to be sure that no damage occurred. If the sample has withstood this third long-duration current impulse with no damage, checked by the oscillographic records, then the sample has passed the test.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.6 Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut

Le paragraphe 8.6 s'applique sans modification.

10.8.7 Essais de court-circuit

Le paragraphe 8.7 s'applique sans modification.

10.8.8 Essais de décharges partielles internes

Le paragraphe 8.8 s'applique sans modification.

10.8.9 Essai en moment de flexion

10.8.9.1 Généralités

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister aux valeurs déclarées par le constructeur pour les moments de flexion. Normalement, un parafoudre n'est pas conçu pour supporter un effort de torsion. Si un parafoudre est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être nécessaire après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'essai est applicable à tous les parafoudres correspondant à une classe de décharge et comportant une embase. Ces parafoudres sont constitués d'une ou plusieurs unités. Ils sont adaptés aux tensions les plus élevées des réseaux.

L'essai doit être effectué sur le parafoudre complet ou sur l'unité complète. Les échantillons doivent être installés en position verticale. Ils doivent être fixés sur la base du montage d'essai avec leurs fixations normales. L'effort doit être appliqué sur l'extrémité libre du parafoudre. La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du parafoudre et lui être perpendiculaire dans la ligne de résistance mécanique la plus faible (position initiale du parafoudre: axe longitudinal dans le sens vertical). Le constructeur doit donner des indications sur la ligne de résistance mécanique la plus faible.

Si un parafoudre comporte plus d'une unité ou s'il supporte des moments de flexion différents à chaque extrémité, des essais doivent être effectués pour évaluer chacun des moments de flexion avec des efforts déterminés conformément à l'Article M.1.

Pour les parafoudres à enveloppe en matériau synthétique (autre que résine moulée), l'effort appliqué doit être l'effort maximal admissible en flexion (MPSL), c'est-à-dire la valeur 100 % de l'Article M.3.

Les essais doivent être effectués sans pression interne.

NOTE Les parafoudres à enveloppe synthétique sont aussi soumis à l'essai contre la pénétration d'humidité (voir 10.8.13) où l'effort maximal de flexion permanente est appliqué dans différentes directions et sous différentes températures.

10.8.9.2 Parafoudres à enveloppe synthétique avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé

10.8.9.2.1 Préparation des échantillons

Les échantillons en essai doivent contenir les éléments internes.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis aux essais suivants:

– essais électriques de 10.8.13.1;

– mesure du taux de fuite conformément au point d) de 9.1.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.6 Tests of arrester disconnectors and fault indicators

Subclause 8.6 applies without modification.

10.8.7 Short-circuit tests

Subclause 8.7 applies without modification.

10.8.8 Internal partial discharge tests

Subclause 8.8 applies without modification.

10.8.9 Test of the bending moment

10.8.9.1 General

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

The test is applicable to all surge arresters designated with a line discharge class and which are base-mounted. These arresters consist of one or several units. They are applied up to the highest system voltages.

The test shall be performed on complete arresters or arrester units. The test samples shall be mounted in the upright position. They shall be attached to the mounting surface of the testing machine by their normal method of mounting. The load shall be applied to the free end of the arrester. The direction of the load shall pass through the longitudinal axis of the arrester and shall be perpendicular to it in the direction of the lowest mechanical strength (initial arrester position: longitudinal axis in the vertical direction). The manufacturer shall give information concerning the lowest mechanical strength.

Where an arrester contains more than one unit or where the arrester has different specified bending moments in both ends, tests shall be performed to evaluate each different specified bending moment with loads determined according to Clause M.1.

For arresters with polymer (except cast resin) housing, the test load shall be the maximum permissible service load (MPSL), i.e. the 100 % value of Clause M.3.

The tests shall be carried out without internal pressure.

NOTE Polymer-housed arresters are additionally subjected to the moisture ingress test (see 10.8.13), where the maximum continuous cantilever load is applied in different directions and under different temperatures.

10.8.9.2 Polymer-housed arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system

10.8.9.2.1 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

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

– electrical tests of 10.8.13.1;
– leakage check in accordance with item d) of 9.1.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.9.2.2 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort est progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

10.8.9.2.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit être considéré satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

– aucun dommage mécanique n'est visible;

– l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;

– la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de ±5 % de sa flèche initiale;

NOTE La valeur de ±5 % est donnée pour information et est toujours à l'étude. La réversibilité dépend du matériau le moins résistant. Si des jauges de contrainte sont utilisées, même si la valeur de ±5 % est satisfaite, il peut apparaître des craquelures n'affectant pas les surfaces sur lesquelles les jauges de contraintes sont fixées (par exemple craquelures laminaires internes).

– la mesure du taux de fuite conformément au point d) de 9.1 est satisfaisante.

L'échantillon doit ensuite être soumis à l'essai d'immersion dans de l'eau (voir 10.8.13.3). Il doit être considéré comme satisfaisant si les essais suivants sont positifs:

– essais électriques selon 10.8.13.4.

10.8.9.3 Parafoudres à enveloppe synthétique sans volume interne de gaz

10.8.9.3.1 Préparation des échantillons

Les échantillons d'essai doivent contenir leurs éléments internes.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis aux essais électriques conformément à 10.8.13.1.

10.8.9.3.2 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort est progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution, car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

10.8.9.3.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit être considéré satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

– aucun dommage mécanique n'est visible;

– l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;

– la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de ±5 % de sa flèche initiale;

NOTE La valeur de ±5 % est donnée pour information et est toujours à l'étude. La réversibilité dépend du matériau le moins résistant. Si des jauges de contrainte sont utilisées, même si la valeur de ±5 % est satisfaite, il peut apparaître des craquelures n'affectant pas les surfaces sur lesquelles les jauges de contraintes sont fixées (par exemple craquelures laminaires internes).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.9.2.2 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time, the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

10.8.9.2.3 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

– no visible mechanical damage;

– a force-deflection curve without discontinuity;

– the strain condition of the housing after removal of the bending load is within ±5 % of the strain condition before the application of the bending load;

NOTE The value of ±5 % is given for guidance and is still under consideration. Reversibility depends on the weakest load-carrying material. If strain gauges are used, even if the ±5 % value is fulfilled, there might be cracks not affecting the surfaces where strain gauges are fastened (for example, inner laminar cracks).

– a successful leakage check in accordance with item d) of 9.1.

The test sample shall then be subjected to the water immersion test (see 10.8.13.3). It shall be considered satisfactory if the following is then successfully demonstrated:

– electrical tests of 10.8.13.4.

10.8.9.3 Polymer housed arresters without enclosed gas volume

10.8.9.3.1 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Prior to testing, each test sample shall be subjected to the electrical tests of 10.8.13.1.

10.8.9.3.2 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time, the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

10.8.9.3.3 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

– no visible mechanical damage;

– a force-deflection curve without discontinuity;

– the strain condition of the housing after removal of the bending load is within ±5 % of the strain condition before the application of the bending load;

NOTE The value of ±5 % is given for guidance and is still under consideration. Reversibility depends on the weakest load carrying material. If strain gauges are used, even if the ±5 % value is fulfilled, there might be cracks not effecting the surfaces where strain gauges are fastened (e.g. inner laminar cracks).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L'échantillon doit ensuite être soumis à l'essai d'immersion dans de l'eau (voir 10.8.13.3). Il doit être considéré comme satisfaisant si les essais suivants sont positifs:

– essais électriques selon 10.8.13.4.

10.8.10 Essai de vieillissement climatique

Le paragraphe 8.10 s'applique, sauf pour ce qui suit:

10.8.10.2 Préparation des échantillons

Ce paragraphe remplace 8.10.2.

Avant les essais, l'échantillon doit être soumis aux essais de décharge partielle interne du point c) de 9.1. Si le parafoudre a un volume interne de gaz l'essai d'étanchéité du point d) de 9.1 doit être effectué.

10.8.10.3.1 Essai de cycles de températures

Ce paragraphe remplace 8.10.3.1.

Cet essai n'est pas applicable aux parafoudres à enveloppe synthétique.

10.8.10.3.4 Evaluation de l'essai

Ce paragraphe remplace 8.10.3.4.

Les mesures effectuées avant l'essai doivent être réitérées. Le parafoudre doit être considéré comme satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

– aucun dommage mécanique visible;
– niveau de décharges partielles internes ne dépassant pas la valeur spécifiée au point c) de 9.1;
– mesure du taux de fuite conformément au point d) de 9.1 satisfaisante (seulement pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

10.8.11 Essai de mesure du taux de fuite

Le paragraphe 8.11 s'applique, sauf pour ce qui suit:

10.8.11.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.11.1.

Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau de l'assemblage complet du parafoudre. Il s'applique aux parafoudres à enveloppe synthétique comportant des joints et composants associés qui sont essentiels pour maintenir une atmosphère contrôlée à l'intérieur de l'enveloppe (parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

NOTE La résistance des diverses interfaces des parafoudres à enveloppe synthétique contre la pénétration d'humidité est évaluée lors de l'essai d'étanchéité (voir 10.8.13).

L'essai doit être réalisé sur une unité complète. Les éléments internes peuvent être retirés. Si le parafoudre contient des éléments avec systèmes d'étanchéité différents, l'essai doit être réalisé sur chaque élément ayant un système d'étanchéité différent.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The test sample shall then be subjected to the water immersion test (see 10.8.13.3) . It shall be considered satisfactory if the following is then successfully demonstrated:

– electrical tests of 10.8.13.4.

10.8.10 Environmental tests

Subclause 8.10 applies, except as follows**:**

10.8.10.2 Sample preparation

This subclause replaces 8.10.2.

Prior to the tests, the test sample shall be subjected to the internal partial discharge test of item c) of 9.1. If the arrester has enclosed gas volume, the leakage check of item d) of 9.1 shall also be performed.

10.8.10.3.1 Temperature cycling test

This subclause replaces 8.10.3.1.

This test does not apply to polymer arresters.

10.8.10.3.4 Test evaluation

This subclause replaces 8.10.3.4.

The measurements performed before the test shall be repeated. The arrester shall be considered satisfactory if the results demonstrate the following:

– no visible mechanical damage;
– internal partial discharge level not exceeding the value specified in item c) of 9.1;
– a successful leakage check according to item d) of 9.1 (only for arresters with enclosed gas volume and a separable sealing system).

10.8.11 Seal leak rate test

Subclause 8.11 applies, except as follows:

10.8.11.1 General

This subclause replaces 8.11.1.

This test demonstrates the gas/watertightness of the complete system. It applies to arresters with polymer housings having seals and associated components essential for maintaining a controlled atmosphere within the housing (arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system).

NOTE The resistance of the various interfaces of polymer-housed arresters against moisture ingress are tested in the moisture ingress test (see 10.8.13).

The test shall be performed on one complete arrester unit. The internal parts may be omitted. If the arrester contains units with differences in their sealing system, the test shall be performed on one unit each, representing each different sealing system.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.12 Tension d'interférence radio

Le paragraphe 8.12 s'applique sans modification.

10.8.13 Essai d'étanchéité

En général, il convient que l'échantillon en essai corresponde à la fraction mécanique la plus longue. Si la longueur de la fraction mécanique la plus longue excède 800 mm, une longueur plus petite peut être essayée à condition qu'elle soit supérieure à trois fois le diamètre externe de l'enveloppe au niveau de la bride inférieure, ailettes non comprises, avec un minimum de 800 mm.

NOTE 1 Pour les profils non circulaires, il convient qu'un diamètre équivalent soit défini.

NOTE 2 Cette valeur de trois fois le diamètre externe de l'enveloppe au niveau de la bride inférieure est à l'étude.

Le même échantillon de parafoudre est soumis à différentes contraintes mécaniques et climatiques décrites en 10.8.13.2 à 10.8.13.4.

10.8.13.1 Mesures initiales

Avant tout essai, les mesures suivantes doivent être effectuées dans l'ordre ci-après:

– puissance absorbée mesurée sous une valeur située entre 80 % et 100 % de U_c et à une température ambiante de 20 °C ± 15 K;
– décharges partielles internes conformément à 8.8;
– tension résiduelle au courant nominal de décharge ou à une valeur inférieure conformément à l'essai de réception.

10.8.13.2 Préconditionnement

10.8.13.2.1 Préconditionnement en torsion

Le couple de torsion spécifié par le constructeur pour le parafoudre doit être appliqué à l'échantillon pendant une durée de 30 s.

10.8.13.2.2 Préconditionnement thermomécanique

Le parafoudre est ensuite soumis dans quatre directions à l'effort maximal de flexion permanente spécifié par le constructeur et à des variations de température, comme indiqué aux Figures 6 et 7.

NOTE Si, dans des applications particulières, d'autres efforts sont essentiels, il convient que les efforts correspondants soient appliqués en lieu et place des précédents. Il convient que la durée totale d'essai et le cycle de température restent inchangés.

Si l'échantillon ne présente pas de symétrie de révolution, les directions de l'effort doivent être choisies de manière à obtenir la contrainte mécanique maximale.

Les variations de température consistent en deux cycles de 48 h de chauffage et de refroidissement comme cela est indiqué à la Figure 6. La température des périodes de chaud et de froid doit être maintenue pendant au moins 16 h. Ces essais doivent être réalisés dans l'air.

L'effort statique de flexion permanente correspond au moment maximal de flexion permanente déclaré par le constructeur. Sa direction change toutes les 24 h comme indiqué à la Figure 7.

Cet essai peut être interrompu pour des raisons de maintenance pendant une durée totale de 4 h, puis repris après l'interruption; le cycle reste alors valide.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.8.12 Radio interference voltage (RIV) test

Subclause 8.12 applies without modification.

10.8.13 Moisture ingress test

In general, the sample under test should be the longest mechanical unit. If the length of the longest mechanical unit is greater than 800 mm, a shorter length section may be tested, provided it is not less than three times the outside diameter of the housing at the bottom flange excluding the sheds or 800 mm long, whichever is greater.

NOTE 1 For non-circular profiles, an equivalent diameter should be defined.

NOTE 2 This value of three times the outside diameter of the housing at the bottom flange is under consideration.

The same sample of arrester is submitted to the various mechanical and climatic stresses described in 10.8.13.2 to 10.8.13.4.

10.8.13.1 Initial measurements

Before tests, the following measurements shall be made in the following sequence:

– watt losses measured at a value in the range between 80 % to 100 % of U_c and at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K;
– internal partial discharge according to 8.8;
– residual voltage at the nominal discharge current or a lower value in accordance with the acceptance test.

10.8.13.2 Preconditioning

10.8.13.2.1 Terminal torque preconditioning

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

10.8.13.2.2 Thermomechanical preconditioning

The arrester is then submitted to the maximum continuous cantilever load specified by the manufacturer in four directions and in thermal variations as described in Figures 6 and 7.

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

If the sample has no cylindrical symmetry, the load direction shall be chosen in such a manner as to achieve the maximum mechanical stress.

The thermal variations consist of two 48 h cycles of heating and cooling as described in Figure 6. The temperature of the hot and cold periods shall be maintained for at least 16 h. The tests shall be conducted in air.

The continuous static mechanical load corresponds to the maximum continuous bending moment defined by the manufacturer. Its direction changes every 24 h as defined in Figure 7.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Toute déformation permanente par rapport à la position initiale au repos doit être relevée.

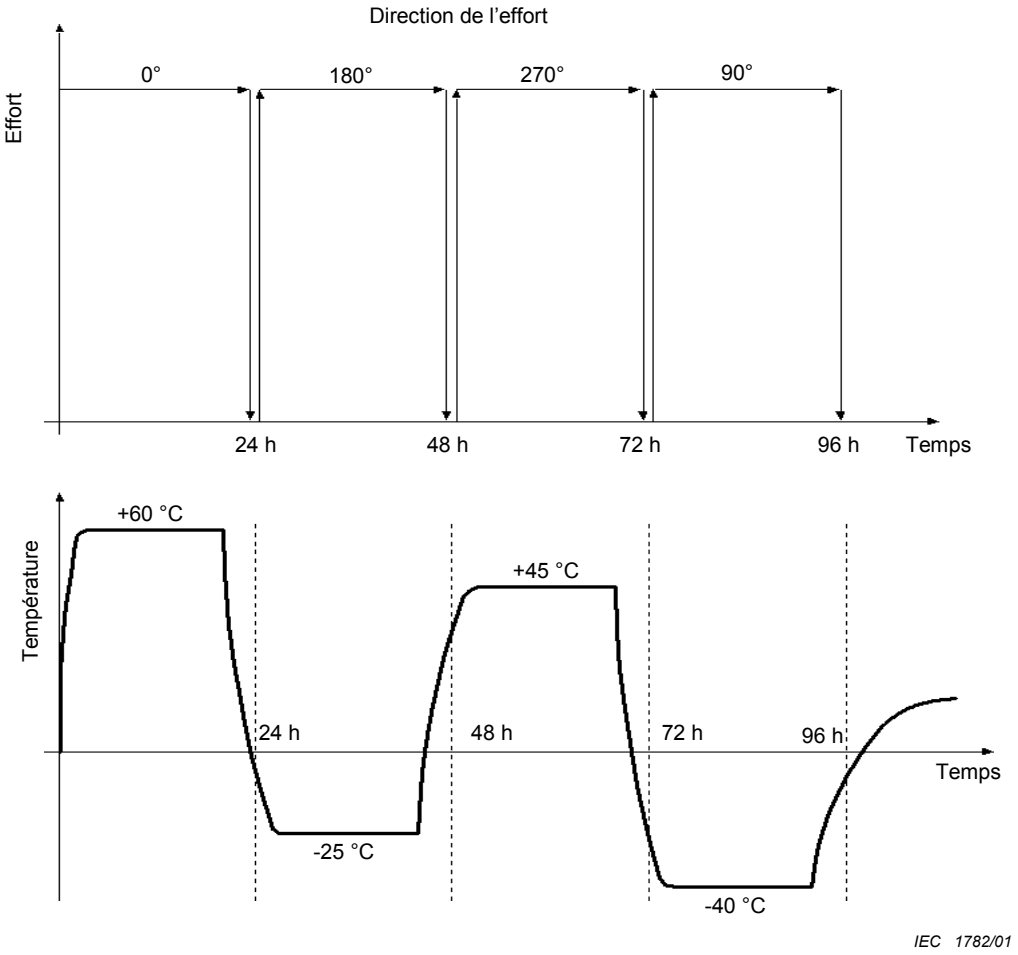


Figure 6 – Essai thermomécanique

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Any permanent deformation measured from the initial no-load position shall be reported.

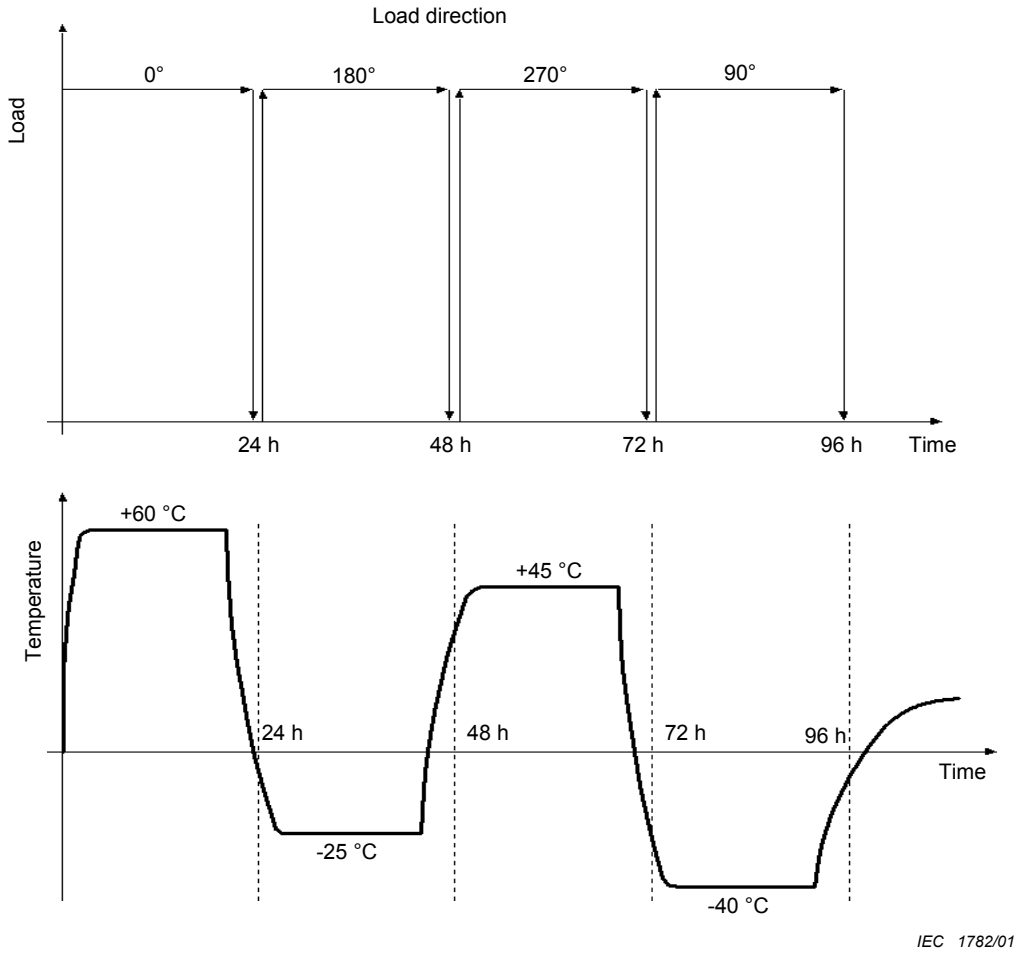


Figure 6 – Thermomechanical test

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

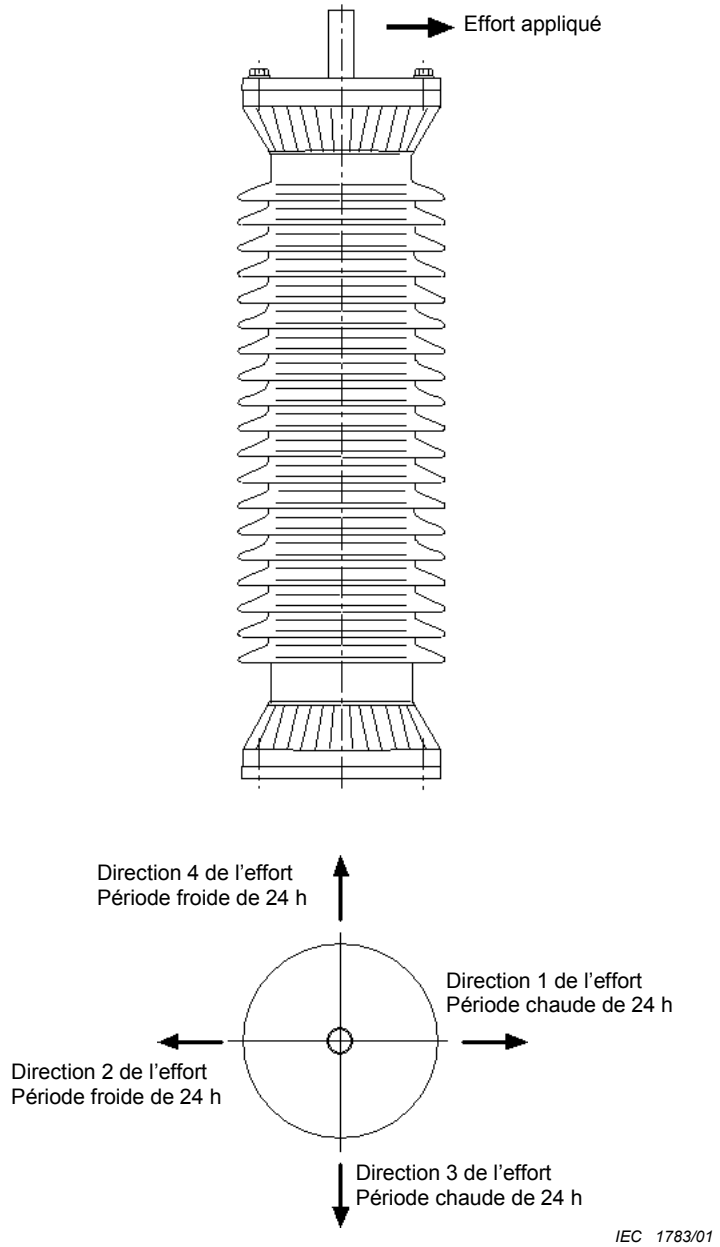


Figure 7 – Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion

10.8.13.3 Essai d'immersion dans l'eau

Le parafoudre doit être immergé pendant 42 h dans un bac contenant de l'eau déminéralisée en ébullition additionnée de 1 kg/m^3 de NaCl.

NOTE 1 Les caractéristiques de l'eau décrites ci-dessus sont celles mesurées en début d'essai.

NOTE 2 Cette température (eau en ébullition) peut être réduite à 80 °C (avec une durée minimale de 52 h) par accord entre l'utilisateur et le constructeur si ce dernier indique que le matériau d'étanchéité utilisé ne peut pas résister à la température d'ébullition pendant une durée de 42 h. Cette valeur de 52 h peut être prolongée jusqu'à 168 h (c'est-à-dire une semaine) après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

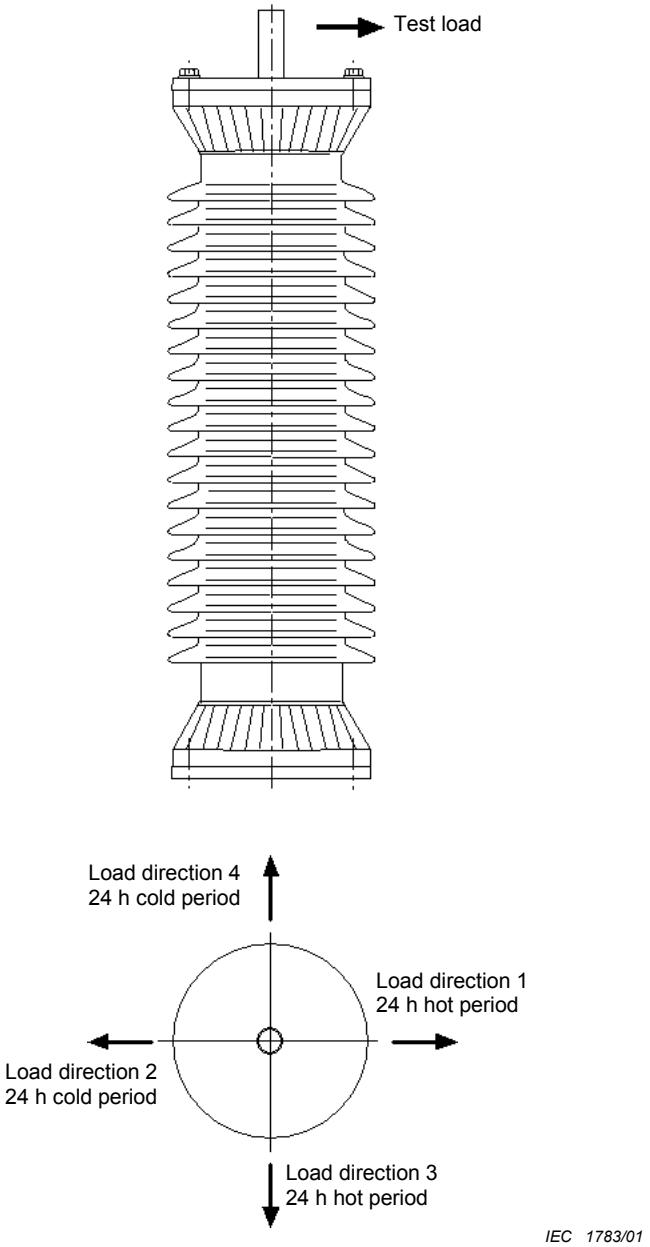


Figure 7 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load

10.8.13.3 Water immersion test

The arrester shall be kept immersed in a vessel, in boiling deionized water with 1 kg/m^3 of NaCl, for 42 h.

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

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

A l'issue de l'ébullition, le parafoudre doit rester dans le bac jusqu'à ce que l'eau refroidisse aux environs de 50 °C, et doit être maintenu à cette température jusqu'aux essais de vérification de la séquence suivante. Ces essais de vérification sont réalisés sur des échantillons ayant refroidi jusqu'à température ambiante. La température de maintien de 50 °C n'est nécessaire que s'il faut reporter les essais de vérification à l'issue de l'essai d'immersion dans l'eau comme indiqué à la Figure 8.

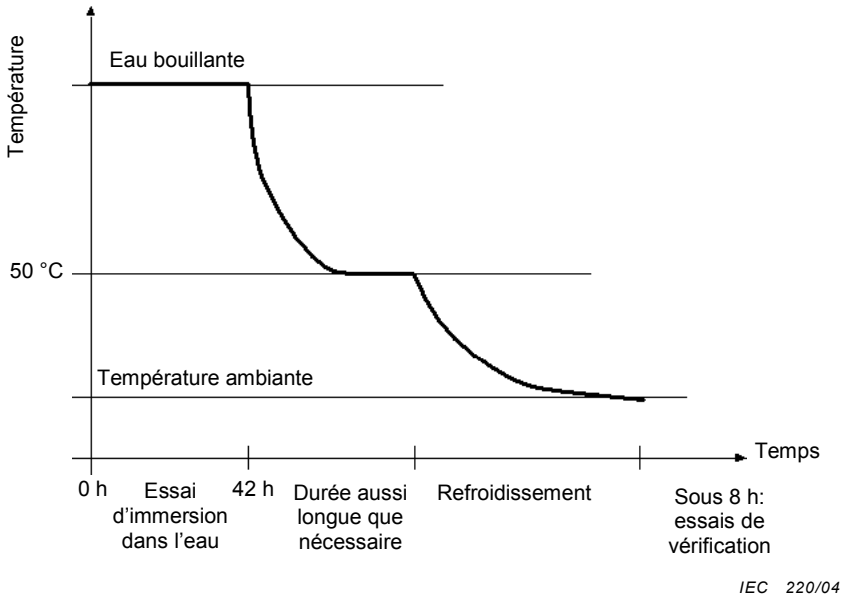


Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau

10.8.13.4 Essais de vérification

Tous les essais de vérification doivent être réalisés sous 8 h dans l'ordre suivant:

– inspection visuelle: il convient d'enregistrer toutes les modifications d'ordre mécanique;

– puissance absorbée mesurée sous la même tension que celle utilisée en 10.8.13.1: l'augmentation par rapport à la mesure initiale doit être inférieure à 20 %.

La mesure de la puissance absorbée doit être réalisée à une température ambiante qui ne diffère pas plus de 3 K de celle des mesures initiales.

– mesure de décharges partielles: la valeur ne doit pas excéder 10 pC sous 1,05 fois U_c;

– tension résiduelle au même courant de décharge que celui utilisé en 10.8.13.1: l'écart par rapport à la mesure initiale ne doit pas excéder 5 %; en outre, il convient que les oscillogrammes de tension et de courant ne révèlent aucune rupture d'isolement.

NOTE Des essais alternatifs aux essais ci-dessus sont à l'étude.

10.8.14 Essai de vieillissement climatique

10.8.14.1 Echantillons en essai

Cet essai a une durée de 1 000 h dans une atmosphère de brouillard salin comme indiqué dans la série d'essais A décrite ci-dessous. En cas de conditions d'environnement sévères (rayonnement solaire intense, inversions fréquentes de température avec condensation, pollution forte ou très forte selon la CEI 60815) et, après accord entre le constructeur et l'utilisateur, un essai d'une durée de 5 000 h conforme à la série d'essais B peut être réalisé en supplément.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

At the end of the boiling, the arrester shall remain in the vessel until the water cools to approximately 50 °C and shall be maintained at this temperature until verification tests are performed in the following sequence. These verification tests are performed on samples having cooled to ambient temperature. The 50 °C holding temperature is necessary only if it is necessary to delay the verification tests until after the end of the water immersion test as shown in Figure 8.

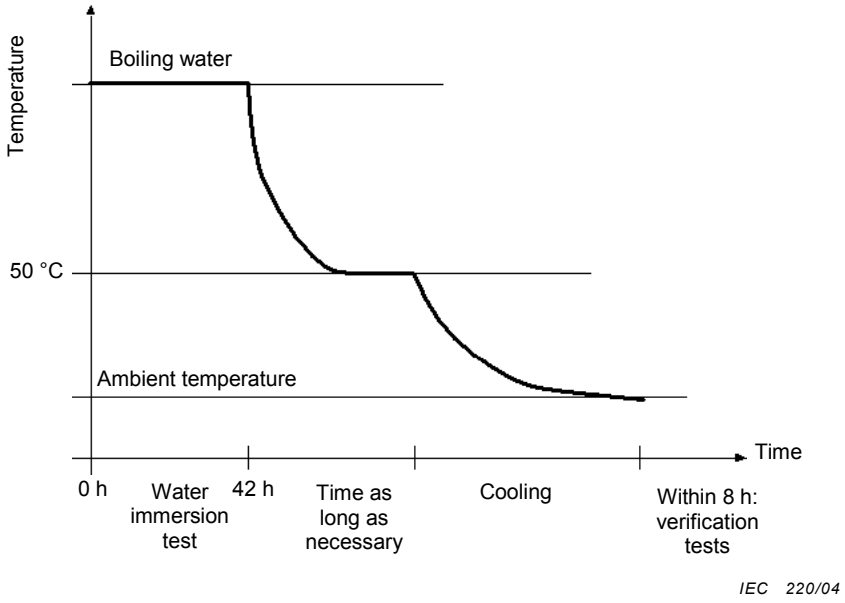


Figure 8 – Water immersion

10.8.13.4 Verification tests

All verification tests shall be completed within 8 h in the following sequence:

– visual inspection: any mechanical change should be reported;

– watt losses measured at the same voltage as the one used in 10.8.13.1: the increase from the initial measurement shall be less than 20 %.

The measurement of the watt losses shall be performed at an ambient temperature that does not deviate by more than 3 K from the initial measurements:

– partial discharge measurement: the value shall not exceed 10 pC at 1,05 times U_c;

– residual voltage at the same discharge current as the one used in 10.8.13.1: the deviation from the initial measurement shall not exceed 5 % and in addition the oscillograms of both voltage and current should not reveal any breakdown.

NOTE Alternative tests are under consideration.

10.8.14 Weather ageing test

10.8.14.1 Test specimens

This test has a duration of 1 000 h under salt fog conditions according to test series A described below. In case of severe environmental conditions (intense solar radiation, frequent temperature inversion with condensation, heavy or very heavy pollution as defined by IEC 60815) and after agreement between the manufacturer and the user, a test with a duration of 5 000 h according to test series B may be performed in addition.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Série d'essais A:

Un essai de durée 1 000 h doit être réalisé (voir 10.8.14.2.1). Il doit être effectué sur la fraction électrique la plus longue avec la ligne de fuite spécifique minimale et la tension assignée la plus élevée recommandée par le constructeur pour cette fraction.

Série d'essais B:

Un essai de durée 5 000 h (voir 10.8.14.2.2) est réalisé après accord entre l'utilisateur et le constructeur. Si la valeur U_c du parafoudre est supérieure à 14 kV, l'essai de 5 000 h peut être réalisé sur une fraction de ligne de fuite spécifique minimale et de tension assignée la plus élevée recommandée par le constructeur, avec une valeur U_c de l'échantillon en essai supérieure à 14 kV. Si la valeur U_c du parafoudre est inférieure ou égale à 14 kV, l'essai de durée 5 000 h doit être réalisé sur l'appareil complet.

Si l'essai est réalisé sur la fraction électrique la plus longue avec la ligne de fuite spécifique minimale et la tension assignée la plus élevée, la série d'essais A peut ne pas être réalisée après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les échantillons en essai doivent être représentatifs de la configuration la plus critique pour un type donné de parafoudres.

NOTE Les critères de comparaison entre les différents types de parafoudres sont à l'étude.

10.8.14.2 Modalités des essais

10.8.14.2.1 Série d'essais A: 1 000 h

Il s'agit d'un essai continu de durée limitée, sous brouillard salin et tension constante à fréquence industrielle égale à U_c. Cet essai est réalisé dans une enceinte d'essai étanche protégée contre la corrosion. Une ouverture n'excédant pas 80 cm^2 doit être ménagée pour l'évacuation naturelle de l'air. Un turbo-diffuseur ou un humidificateur d'ambiance de capacité constante doit être utilisé en guise d'atomiseur d'eau.

Le brouillard doit remplir l'enceinte et ne pas être dirigé directement sur l'échantillon. Le diffuseur doit être alimenté avec une eau salée préparée avec du NaCl et de l'eau déminéralisée. La tension d'essai à fréquence industrielle doit être obtenue à l'aide d'un transformateur d'essai. Le circuit d'essai chargé avec un courant résistif de 250 mA (eff.) côté haute tension ne doit pas présenter une chute de tension supérieure à 5 %.

Le niveau de protection doit être réglé à 1 A (eff.). L'échantillon en essai doit être nettoyé avec de l'eau déminéralisée avant le début de l'essai.

L'échantillon doit être testé en position verticale. Un espace suffisant doit être ménagé entre le sol, les parois de la chambre et l'échantillon, pour éviter toute perturbation du champ électrique. Ces informations doivent se trouver dans les instructions d'installation publiées par le constructeur.

Durée de l'essai	1 000 h
Débit d'eau	0,4 l/h/ m^3 ± 0,1 l/h/m^3
Taille des gouttes	5 µm à 10 µm
Température	20 °C ± 5 K
Teneur en NaCl de l'eau	entre 1 kg/m^3 et 10 kg/m^3

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Test series A:

A 1 000 h test (see 10.8.14.2.1) shall be performed. This shall be performed on the longest electrical unit with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage recommended by the manufacturer for this unit.

Test series B:

A 5 000 h test (see 10.8.14.2.2) is performed after agreement between the user and the manufacturer. If the arrester U_c is greater than 14 kV, the 5 000 h test may be performed on any pro-rated sample with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage recommended by the manufacturer, provided that the U_c of the sample is not less than 14 kV. If the arrester U_c is equal to, or less than, 14 kV, the 5 000 h test shall be performed on the complete arrester.

If the test is performed on the longest electrical unit with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage, test series A may be omitted after agreement between the user and the manufacturer.

The test samples shall be representative of the most critical design relevant for a given arrester type.

NOTE Criteria for the comparison of different types of arrester are under consideration.

10.8.14.2 Test procedure

10.8.14.2.1 Test series A: 1 000 h

The test is a time-limited continuous test under salt fog at constant power-frequency voltage equal to U_c. The test is carried out in a moisture-sealed corrosion-proof chamber. An aperture of not more than 80 cm^2 shall be provided for the natural evacuation of exhaust air. A turbo sprayer or room humidifier of constant spraying capacity shall be used as a water atomizer.

The fog shall fill up the chamber and not be directly sprayed onto the test specimen. The salt water prepared with NaCl and deionized water will be supplied to the sprayer. The power-frequency test voltage shall be obtained with a test transformer. The test circuit, when loaded with a resistive current of 250 mA (r.m.s.) on the high-voltage side, shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The protection level shall be set at 1 A (r.m.s.). The test specimen shall be cleaned with deionized water before starting the test.

The test specimen shall be tested when mounted vertically. There shall be enough clearance between the roof and walls of the chamber and the test specimen in order to avoid electrical field disturbance. These data shall be found in the manufacturer's installation instructions.

Duration of the test	1 000 h
Water flow rate	0,4 l/h/m^3 ± 0,1 l/h/m^3
Size of droplets	5 μm to 10 μm
Temperature	20 °C ± 5 K
NaCl content of water	between 1 kg/m^3 to 10 kg/m^3

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Le constructeur doit recommander une valeur initiale pour le taux de salinité. Le débit d'eau est défini en litres par heure et par mètre cube du volume de l'enceinte d'essai. La recirculation de l'eau n'est pas admise. Des interruptions de l'essai dues à des contournements sont admises. Si plus d'un contournement se produit, la tension d'essai est coupée. Toutefois, la pulvérisation du brouillard salin doit être poursuivie jusqu'à rinçage du parafoudre à l'eau du robinet. Chaque interruption du brouillard salin ne doit pas excéder 15 min. L'essai est ensuite repris avec une valeur plus faible de salinité. Si plus d'un contournement se produit à nouveau, cette procédure doit être reprise. Ces périodes d'interruption ne doivent pas être comptabilisées dans la durée de l'essai.

La teneur en NaCl de l'eau, le nombre de contournements et la durée des interruptions doivent être enregistrés.

NOTE 1 Dans cette plage de salinité, une teneur en sel plus faible peut augmenter la sévérité de l'essai. Une salinité plus élevée augmente la probabilité de contournement, ce qui rend difficile la réalisation de l'essai sur des enveloppes de fort diamètre.

NOTE 2 Il convient que le nombre de contournements soit noté et pris en compte dans l'évaluation de la durée de l'essai.

10.8.14.2.2 Série d'essais B: 5 000 h

Cet essai consiste à appliquer, en plus de la tension U_C, différentes contraintes de façon cyclique:

– simulation du rayonnement solaire;
– pluie artificielle;
– chaleur sèche;
– chaleur humide (proche de la saturation);
– humidité élevée à température ambiante (la saturation doit être atteinte);
– brouillard salin à faible concentration.

En outre, les variations de température peuvent engendrer un certain degré de contraintes mécaniques, notamment au niveau des interfaces du parafoudre, et provoquer des phénomènes de condensation qui se répètent plusieurs fois au cours d'un cycle.

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être obtenue à l'aide d'un transformateur d'essai. Le circuit d'essai chargé avec un courant résistif de 250 mA (eff.) côté haute tension ne doit pas présenter une chute de tension supérieure à 5 %.

Le niveau de protection doit être réglé à 1 A (eff.).

Un exemple de cycle comprenant toutes ces contraintes est représenté à la Figure 9 et décrit ci-dessous.

– Chaque cycle dure 24 h et un changement de programme a lieu toutes les 2 h.
– Pendant le temps où l'humidification et le chauffage ne fonctionnent pas, les parafoudres sont soumis à la température ambiante (15 °C à 25 °C) et à l'humidité relative correspondante (30 % à 60 %).
– La montée de la température ambiante à 50 °C doit prendre moins de 15 min.
– L'humidification doit atteindre 95 % d'humidité relative en moins de 15 min, puis la valeur minimale exigée de 98 % en moins de 10 min.
– La saturation, qui fait goutter les échantillons, est obtenue par le refroidissement naturel de la chambre d'essai après une séquence à 50 °C et 98 % d'humidité relative. Le ventilateur doit être arrêté pour cette opération. Le temps de retour à la température ambiante est d'environ 2 h.
– La pluie et le brouillard salin sont conformes à la CEI 61109.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The manufacturer shall state the starting value of the salt content of the water. The water flow rate is defined in litres per hour per cubic metre of the test chamber. It is not permitted to recirculate the water. Interruptions due to flashovers are permitted. If more than one flashover occurs, the test voltage is interrupted. However, the salt fog application shall continue until the washing of the arrester with tap water is started. Interruptions of salt fog application shall not exceed 15 min. The test shall then be re-started at a lower value of the salt content of the water. If again more than one flashover occurs, this procedure shall be repeated. Interruption times shall not be counted as part of the test duration.

The NaCl content of the water, the number of flashovers and the duration of the interruptions shall be noted.

NOTE 1 Within this range of salinity, lower salt content may increase test severity. Higher salt content increases flashover probability, which makes it difficult to run the test on larger diameter housings.

NOTE 2 The number of overcurrent trip-outs should be noted and taken into account in the evaluation of the duration of the test.

10.8.14.2.2 Test series B: 5 000 h

This test consists of applying, in addition to U_c, various stresses in a cyclic manner:

– solar radiation simulation;
– artificial rain;
– dry heat;
– damp heat (near saturation);
– high dampness at room temperature (saturation shall be obtained);
– salt fog at low concentration.

Furthermore, temperature variations may cause some degree of mechanical stress, especially at the level of insulator interfaces and also give rise to condensation phenomena, which are repeated several times in the course of a cycle.

The power-frequency test voltage shall be obtained with a test transformer. The test circuit, when loaded with a resistive current of 250 mA (r.m.s.) on the high-voltage side, shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The protection level shall be set at 1 A (r.m.s.).

A cycle example including all these stresses is shown in Figure 9 and is described below.

– Each cycle lasts 24 h and a programme change takes place every 2 h.
– During the time when the humidification and heating are not in operation, the arresters are submitted to room temperature (15 °C to 25 °C) and relative humidity (30 % to 60 %).
– The rise from ambient temperature to 50 °C shall take less than 15 min.
– The humidification shall take less than 15 min to reach a relative humidity of 95 % and less than another 10 min to reach the required value of at least 98 %.
– Saturation, which causes the samples to drip, is obtained by a natural cooling of the test room after a sequence with 50 °C and 98 % relative humidity. The fan shall be stopped for this operation. The time to return to ambient temperature is approximately 2 h.
– The rain and salt fog are in accordance with IEC 61109.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– Le rayonnement solaire est simulé par une lampe à arc au xénon donnant environ 90 mW/cm^2 sur l'enveloppe. Un système de filtrage permet de reproduire approximativement la puissance et le spectre solaire reçus dans une zone climatique tempérée, à midi un jour d'été.

NOTE 1 La surface de l'enveloppe à prendre en compte est obtenue en prenant le diamètre équivalent décrit dans la CEI 60815 et la longueur de l'enveloppe.

– L'ensemble de l'essai doit durer 5 000 h.

Un autre exemple de cycle est proposé à la Figure 10.

En principe, ce cycle est identique, avec les différences suivantes.

– La salinité adoptée est de 40 kg/m^3 pendant la phase de brouillard salin qui ne doit pas être dirigé directement vers l'échantillon. Le débit d'eau est compris entre 0,1 l/h/m^3 et 0,15 l/h/m^3.

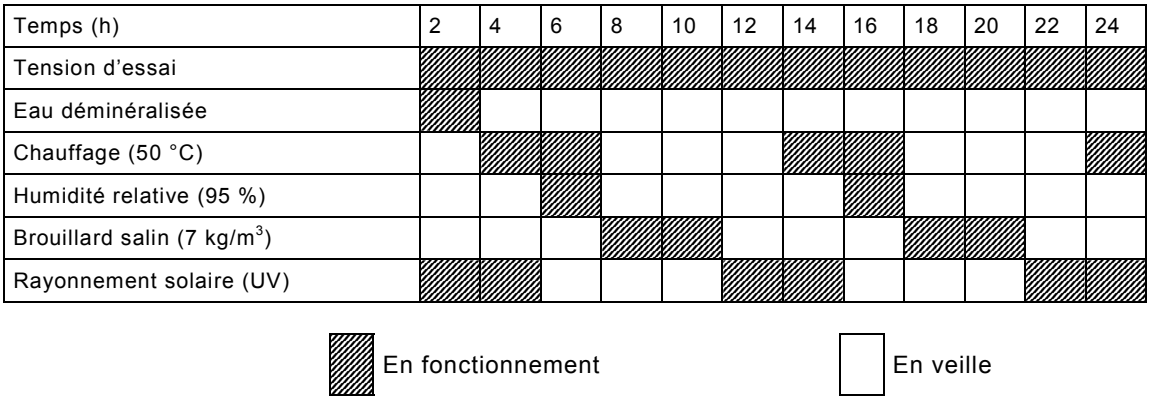
– La durée d'application hebdomadaire totale de chaque contrainte ambiante est sensiblement la même, mais chaque type de contrainte est concentré sur une seule période par jour afin de limiter les interventions dans la chambre d'essai.

– Le rayonnement UV est appliqué en continu pendant une période unique d'environ 48 h chaque week-end.

– Le chauffage est obtenu par les lampes qui fournissent le rayonnement UV: les lampes sont choisies et positionnées afin d'obtenir la puissance de rayonnement désirée sur la surface de l'enveloppe du parafoudre, sans excéder une température de surface de 60 °C.

NOTE 2 Applicable aux essais des séries A et B: pour les parafoudres destinés à être installés dans des systèmes pour lesquels une tension de service permanent très élevée n'est requise que pendant des périodes plus courtes, la tension d'essai peut être réduite à 1,05 x $U_m/\sqrt{3}$, où U_m est la tension maximale d'exploitation, par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 3 Applicable aux essais de la série B conformément à la Figure 10: si la valeur U_c de l'échantillon est supérieure à 14 kV et si la distance dans l'air empêche une mise sous tension lors du rayonnement UV, il est admis de couper la tension sur l'échantillon lors du rayonnement UV.



IEC 1785/01

Figure 9 – Exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré sous tension
(conformément à la CEI 61109)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– The solar radiation simulation is obtained with a xenon arc lamp giving about 90 mW/cm^2 on the housing. A filter system makes it possible to approximately reproduce the power and the solar spectrum received in a moderate climatic area at noon on a summer's day.

NOTE 1 The surface of the housing to be taken into account is obtained by taking the equivalent diameter as described in IEC 60815 and the length of the housing.

– A duration of 5 000 h is required for the whole test.

Another example is proposed as shown in Figure 10.

This cycle is, in principle, identical with the following distinctions.

– A salinity value of 40 kg/m^3 is adopted during the salt fog period, the fog shall not be sprayed direct onto the specimen. The water flow is between 0,1 l/h/m^3 and 0,15 l/h/m^3.
– The weekly total time of application of each ambient stress is nearly the same, but each type of stress is concentrated in only one period per day, in order to limit the interventions in the test chamber.
– The UV radiation is applied continuously during a single period of about 48 h every weekend.
– Heating is obtained by the same lamps providing the UV radiation. The lamps are chosen and positioned in such a way that they obtain the required radiation power on the surface of the surge arrester housing, without exceeding a surface temperature of 60 °C.

NOTE 2 Applicable to test series A and B: for surge arresters intended for installation in systems for which very high continuous operating voltage is required during shorter periods, the test voltage may be reduced to $1{,}05 \times U_m/\sqrt{3}$ by agreement between manufacturer and user, where U_m is the highest voltage of equipment.

NOTE 3 Applicable to test series B, cycle according to Figure 10: if U_c of the test sample is greater than 14 kV, and if electrical clearance prevents voltage from being applied during UV radiation, it is acceptable to de-energize the sample during the application of UV radiation.

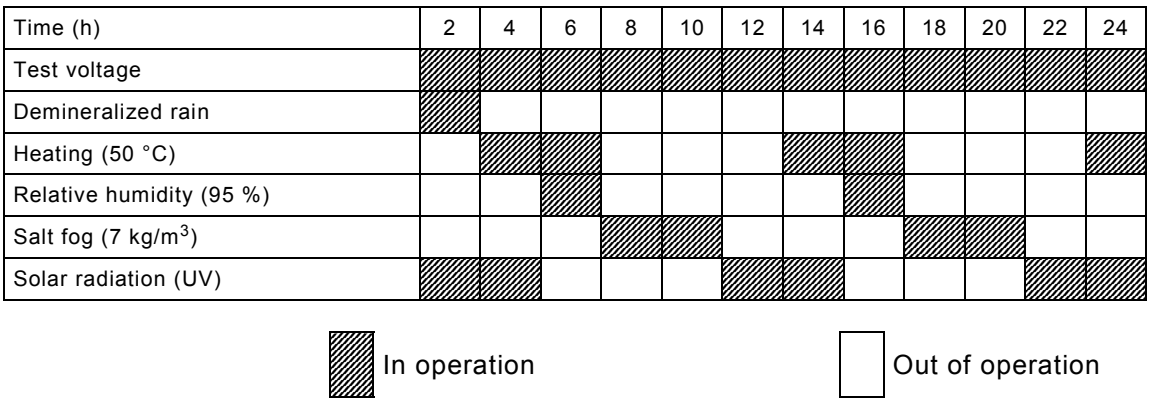
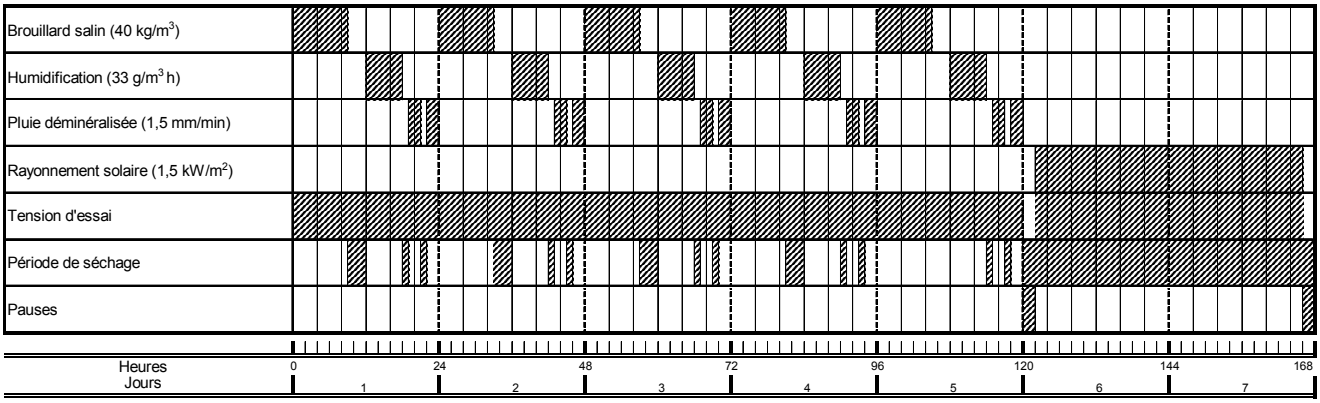


Figure 9 – Example of an accelerated weather ageing cycle under operating voltage
(according to IEC 61109)

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



IEC 1786/01

Figure 10 – Autre exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré

10.8.14.3 Evaluation de l'essai

L'essai est considéré comme positif si aucun cheminement ne se produit (voir CEI 61109), si le revêtement externe n'est pas entièrement transpercé par l'érosion, c'est-à-dire jusqu'au niveau du matériau suivant, si les ailettes et l'enveloppe ne sont pas perforées, si la tension de référence mesurée avant et après l'essai n'a pas varié de plus de 5 % et si la mesure de décharges partielles réalisée avant et après l'essai est satisfaisante, c'est-à-dire que leur niveau ne doit pas excéder 10 pC, conformément à 8.8.

11 Prescriptions d'essais pour les parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (Parafoudres blindés)

11.1 Domaine d'application

Voir Article 1.

11.2 Références normatives

Voir Article 2.

11.3 Termes et définitions

Voir Article 3

11.4 Identification et classification

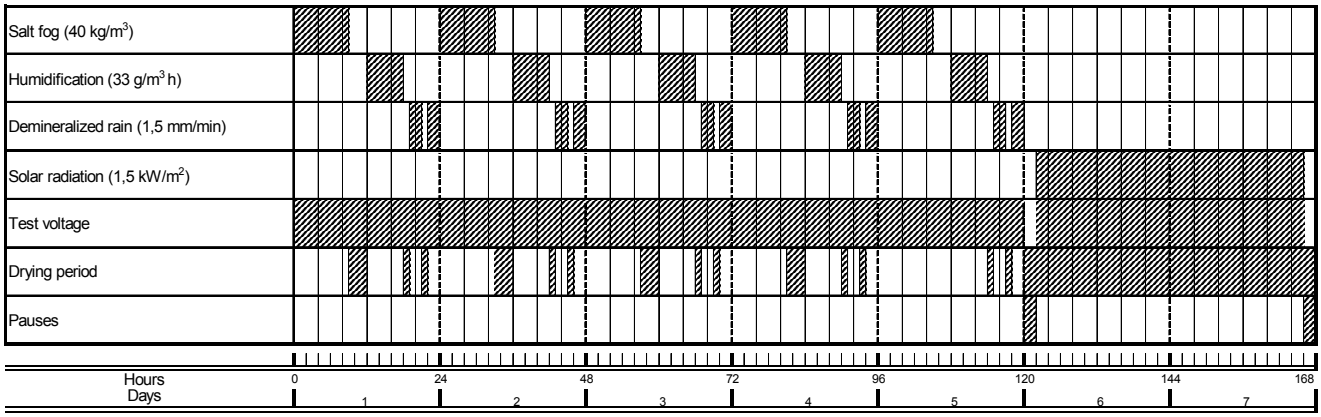
Le paragraphe 4.1 s'applique avec le complément suivant:

– pression de gaz assignée pour l'isolation à 20 °C.

11.5 Caractéristiques assignées et conditions de service

Voir Article 5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



IEC 1786/01

Figure 10 – Another example of an accelerated weather ageing cycle

10.8.14.3 Evaluation of the test

The test is regarded as passed, if no tracking occurs (see IEC 61109), if erosion does not occur through the entire thickness of the external coating up to the next layer of material, if the sheds and housing are not punctured, if the reference voltage measured before and after the test has not decreased by more than 5 %, and if the partial discharge measurement performed before and after the test is satisfactory, i.e. the partial discharge level shall not exceed 10 pC according to 8.8.

11 Test requirements on gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters)

11.1 Scope

See Clause 1.

11.2 Normative references

See Clause 2.

11.3 Terms and definitions

See Clause 3.

11.4 Identification and classification

Subclause 4.1 applies with the following addition:

– rated gas pressure for insulation at 20 °C.

11.5 Standard ratings and service conditions

See Clause 5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.6 Prescriptions

Les prescriptions de l'Article 6 s'appliquent avec les modifications suivantes:

6.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre – remplacé par 11.6.1

6.5 Taux de fuite de l'étanchéité – n'est pas applicable

6.9 Fonctionnement des parafoudres – modifié par 11.8.5

6.11 Court-circuit – remplacé par 11.6.11

6.12 Dispositif de déconnexion – n'est pas applicable

6.14 Efforts mécaniques – n'est pas applicable

11.6.1 Tensions de tenue

Ce paragraphe remplace 6.1.

a) Parafoudres monophasés

L'isolement entre les éléments internes et l'enveloppe métallique doit supporter les tensions suivantes lors des essais réalisés selon 11.8.2.

– La tension de tenue au choc de foudre du matériel à protéger ou le niveau de protection au choc de foudre du parafoudre multiplié par 1,3, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

  NOTE 1 Le facteur 1,3 couvre les chocs de courant de valeur supérieure au courant nominal de décharge. Les variations de conditions atmosphériques, telles que stipulées pour les parafoudres à enveloppe porcelaine, ne sont pas applicables aux parafoudres blindés. Néanmoins, le facteur 1,3 est retenu afin d'assurer une sécurité supplémentaire.

– Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A de tension assignée supérieure ou égale à 200 kV, la tension de tenue au choc de manœuvre du matériel à protéger ou le niveau de protection au choc de manœuvre du parafoudre multiplié par 1,25, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

  NOTE 2 Le facteur 1,25 couvre les chocs de courant de valeur supérieure aux valeurs maximales données dans le Tableau 4. Les variations de conditions atmosphériques, telles que stipulées pour les parafoudres à enveloppe porcelaine, ne sont pas applicables aux parafoudres blindés. Néanmoins, le facteur 1,25 est retenu afin d'assurer une sécurité supplémentaire.

– Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A de tension assignée inférieure à 200 kV, la tension de tenue à fréquence industrielle du matériel à protéger ou la tension à fréquence industrielle ayant une valeur crête égale au niveau de protection au choc de manœuvre du parafoudre multipliée par 1,2, appliquée pendant 1 min, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

– Pour les parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, la tension de tenue à fréquence industrielle du matériel à protéger ou la tension de tenue à fréquence industrielle avec une valeur crête égale au niveau de protection au choc de foudre du parafoudre, appliquée pendant 1 min, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

b) Parafoudres triphasés

La tension de tenue de l'isolation des parafoudres triphasés est donnée dans les Tableaux 9 et 10.

11.6.11 Exigences pour les enveloppes des parafoudres blindés

Ce paragraphe remplace 6.11.

La conception des enveloppes utilisées pour les parafoudres blindés doit répondre aux exigences des paragraphes 5.103 de la CEI 62271-203 ou 5.102 de la CEI 62271-200.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.6 Requirements

The requirements of Clause 6 apply except for the following:

6.1 Insulation withstand of the arrester housing – replaced by 11.6.1

6.5 Seal leak rate test – does not apply

6.9 Operating duty – modified by 11.8.5

6.11 Short circuit – replaced by 11.6.11

6.12 Disconnector/fault indicators – does not apply

6.13 Mechanical load – does not apply

11.6.1 Withstand voltages

This subclause replaces 6.1.

a) Single-phase arrester

The insulation between the internal parts and the metal housing shall withstand the following voltages when tested according to 11.8.2.

– The lightning impulse withstand voltage of the equipment to be protected or the lightning impulse protection level of the arrester multiplied by 1,3 whichever is lower.

NOTE 1 The 1,3 factor covers discharge currents higher than nominal. Variations in atmospheric conditions, as given for porcelain-housed arresters, are not relevant for GIS-arresters. Nevertheless, the factor of 1,3 is retained to provide additional security.

– For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above, the switching impulse withstand voltage of the equipment to be protected or the switching impulse protection level of the arrester multiplied by 1,25, whichever is lower.

NOTE 2 The 1,25 factor covers discharge currents higher than the maximum values of Table 4. Variations in atmospheric conditions, as given for porcelain-housed arresters, are not relevant for GIS-arresters. Nevertheless, the factor 1,25 is retained to provide additional security.

– For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of less than 200 kV, the power-frequency withstand voltage of the equipment to be protected or a power-frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,2 for a duration of 1 min, whichever is lower.

– For 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters, a power-frequency withstand voltage of the equipment to be protected or a power-frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level for a duration of 1 min, whichever is lower.

b) Three-phase arrester

The withstand voltage for the insulation of three-phase arresters is given in Tables 9 and 10.

11.6.11 Requirements for the enclosures of GIS-arresters

This subclause replaces 6.11.

The design of the metallic enclosures of GIS-arresters shall meet the requirements of 5.103 of IEC 62271-203 or 5.102 of IEC 62271-200.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Si le parafoudre comporte une enceinte interne séparée avec limiteur de pression autre que celui de l'enveloppe métallique, le paragraphe 8.7. s'applique. Dans ce cas, il faut qu'un essai soit réalisé avec le courant assigné de court-circuit.

11.7 Conditions générales d'exécution des essais

Voir Article 7.

11.8 Essais de type (essais de conception)

11.8.1 Généralités

Les essais de type définis dans l'Article 8 doivent être effectués, sauf comme indiqué ci-après.

1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre – voir 11.8.2.
4) Essais de fonctionnement – voir 11.8.5.
6) Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut – pas applicables.
7) Essais de pollution artificielle de l'Annexe F – pas applicables.
9) Essai en moment de flexion – pas applicable.
10) Essai d'environnement – pas applicable.
11) Essai du taux de fuite – pas applicable.

11.8.2 Essais de tenue de l'isolation

Ce paragraphe remplace 8.2.

11.8.2.1 Généralités

Ces essais démontrent la capacité de l'isolation à supporter les contraintes de tension requises entre les éléments internes et l'enveloppe métallique, ainsi qu'entre phases dans le cas de parafoudres triphasés.

Les essais de tenue de l'isolation doivent également assurer que tous les éléments internes sont testés de la même façon par rapport aux contraintes les plus sévères rencontrées en service. Un autre essai portant sur les éléments individuels peut donc s'avérer nécessaire pour vérifier la tension de tenue requise (voir 11.8.2.5).

Pour les parafoudres monophasés, l'essai doit être réalisé sur un parafoudre complet dans lequel les résistances à oxyde métallique ont été remplacées par des pièces isolantes. Afin de maîtriser la répartition de tension dans le parafoudre, il est possible d'utiliser des éléments de répartition au lieu de pièces isolantes.

Dans le cas d'un parafoudre triphasé, la ou les phases qui ne sont pas mises sous tension pendant l'essai doivent être reliées à la terre. Dans les parties actives qui sont reliées à une source de tension, les résistances à oxyde métallique doivent être remplacées par des pièces isolantes. Des éléments de répartition peuvent être utilisés au lieu de pièces isolantes afin de maîtriser la répartition de tension dans le parafoudre.

NOTE En raison de la forte influence des capacités à la terre dans les parafoudres blindés, il peut s'avérer difficile voire impossible d'obtenir une répartition de tension linéaire au moyen d'éléments de répartition. Un essai réalisé avec une répartition de tension inégale ou sans éléments de répartition représente le pire des cas et les résultats d'essais procurent une marge de sécurité.

Pendant les essais, le gaz isolant doit avoir la densité minimale spécifiée pour le parafoudre.

Les paragraphes 8.2.4 et 8.2.5 ne sont pas applicables aux parafoudres blindés.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

If the arrester has a separate internal enclosure with a pressure-relief device different from that of the metallic vessel, 8.7 applies. In this case, it is necessary that a test be performed only with the rated short-circuit current.

11.7 General testing procedures

See Clause 7.

11.8 Type tests (design tests)

11.8.1 General

Type tests defined in Clause 8 shall be performed, except as indicated below.

1) Insulation withstand tests on the arrester housing – see 11.8.2.
4) Operating duty tests – see 11.8.5.
6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
7) Artificial pollution tests of Annex F – does not apply.
9) Bending moment test – does not apply.
10) Environmental test – does not apply.
11) Seal leak rate test – does not apply.

11.8.2 Insulation withstand tests

This subclause replaces 8.2

11.8.2.1 General

These tests demonstrate the ability of the insulation to withstand the required voltage stresses between the internal parts and the metal housing and, in addition, between the phases for a three-phase arrester.

The insulation withstand tests shall also assure that all internal components are tested at least to the equivalent of the highest stresses in service. A separate test of single components may therefore be necessary to verify the required withstand voltage (see 11.8.2.5).

For single-phase arresters, the test shall be performed on the complete arrester with the metal oxide resistors replaced by insulating parts. Grading elements may be used instead of insulating parts in order to control the voltage distribution along the arrester axis.

In the case of a three-phase arrester, the phase(s) not energized during the test shall be connected to earth. For active parts connected to a voltage source, the metal oxide resistors shall be replaced by insulating parts. Grading elements may be used instead of insulating parts in order to control the voltage distribution along the arrester axis.

NOTE Due to the strong influence of earth capacitances in GIS arresters, it may be difficult or even impossible to achieve a linear voltage distribution by grading elements. Performing the test with an uneven voltage distribution or without any grading elements represents the worst case, and test results remain conservative.

During the tests, the insulating gas shall have the minimum functional density specified for the arrester.

Subclauses 8.2.4 and 8.2.5 are not applicable for GIS-arresters.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.8.2.2 Essai au choc de foudre

Les parafoudres doivent être soumis à un choc de foudre normal selon la CEI 60060-1.

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 62271-203 et de la CEI 62271-200 doivent être remplis.

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Les essais doivent débuter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une seule phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de l'essai sur l'isolation phase-terre, un essai sur l'isolation entre phases doit être réalisé. Cet essai peut s'effectuer en utilisant soit uniquement une tension de choc, soit une tension de choc associée à une tension à fréquence industrielle. Le choix est laissé au constructeur.

Si l'essai est réalisé en utilisant uniquement une tension de choc, le même schéma d'essai que celui de l'essai phase-terre doit être utilisé.

Si l'essai est réalisé au moyen d'une tension de choc associée à une tension à fréquence industrielle, une seule phase est reliée à la terre. La tension de choc est appliquée sur la deuxième phase alors que la tension à fréquence industrielle est appliquée sur la troisième phase de façon que, pendant l'application de la tension de choc sur la deuxième phase, la tension à fréquence industrielle atteigne sa valeur crête en polarité opposée.

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Pour chacun de ces deux essais, 15 chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 62271-203 et de la CEI 62271-200 doivent être remplis.

11.8.2.3 Essai au choc de manœuvre

Les parafoudres doivent être soumis à une tension de choc de manœuvre normalisée selon la CEI 60060-1.

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 62271-203 et de la CEI 62271-200 doivent être remplis.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

11.8.2.2 Lightning impulse voltage test

The arresters shall be subjected to a standard lightning impulse voltage according to IEC 60060-1.

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In the case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 62271-203 and IEC 62271-200 shall be observed.

b) Three-phase arrester

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

The test shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other phases are connected to earth.

After the phase-to-earth insulation test, the phase-to-phase insulation test shall be performed. This test can be made using only an impulse voltage or an impulse voltage and a power frequency voltage. The choice is made by the manufacturer.

If the test is made using only an impulse voltage, the same test arrangement as used for the phase-to-earth test shall be used.

If the test is made using an impulse voltage and a power-frequency voltage, only one phase is connected to earth. The impulse voltage is applied to the second phase, while the power-frequency voltage is applied to the third phase in such a way that, during application of the impulse voltage to the second phase, the power-frequency voltage reaches its peak value of the opposite polarity.

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of the three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

In both tests, 15 consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In the case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 62271-203 and IEC 62271-200 shall be observed.

11.8.2.3 Switching impulse voltage test

The arresters shall be subjected to a standard switching impulse voltage according to IEC 60060-1.

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 62271-203 and IEC 62271-200 shall be observed.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Les essais doivent débuter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de cet essai, l'essai de l'isolation entre phases peut être réalisé, sans modification du schéma, en augmentant la tension d'essai jusqu'au niveau requis.

Si un contournement se produit, ou est pressenti, l'un ou l'autre des deux essais suivants doit être adopté. Le choix est laissé au constructeur:

– L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. Deux chocs de manœuvre d'amplitude égale et de polarité opposée doivent être appliqués sur les deux autres phases. Les chocs doivent atteindre leur valeur crête au même instant. L'amplitude de chaque choc doit être égale à la moitié de la tension de tenue au choc de manœuvre requise entre phases (essai entre phases selon la CEI 60071-1).
– L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. Un choc de manœuvre de valeur égale à celle utilisée pour l'essai de tenue entre phase et terre est appliqué sur la deuxième phase. Une tension à fréquence industrielle est appliquée sur la troisième phase de façon que la valeur crête du choc de manœuvre soit atteinte à la valeur crête de la tension à fréquence industrielle en polarité opposée. La différence entre les tensions à l'instant où la valeur crête du choc de manœuvre est atteinte doit être égale à la tension de tenue en choc de manœuvre requise entre phases (essai sur isolation longitudinale selon la CEI 60071-1).

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Pour chacun de ces deux essais, quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 62271-203 et de la CEI 62271-200 doivent être remplis.

11.8.2.4 Essai à fréquence industrielle

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit.

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 11.6.1.

Les essais doivent débuter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de cet essai, l'essai sur l'isolation entre phases doit être réalisé. Si cet essai est réalisé en utilisant uniquement une tension à fréquence industrielle, le même schéma doit être utilisé. La tension appliquée doit être augmentée jusqu'à la valeur requise entre phases.

Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

b) Three-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

The tests shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other two phases are connected to earth.

After this test, the phase-to-phase insulation test may be performed, without changing the test arrangement, by increasing the test voltage to the required level.

If flashovers occur or are expected, one of the following two test alternatives shall be adopted. The choice is made by the manufacturer:

– One phase of the arrester is earthed. Two switching impulses of equal amplitude and opposite polarity shall be applied to the two other phases. The impulses shall reach their crests at the same instant. The amplitude of each impulse shall be half the required switching impulse withstand voltage phase-to-phase (phase-to-phase test according to IEC 60071-1).
– One phase of the arrester is earthed. A switching impulse equal to the required value phase-to-earth is applied to the second phase. A power-frequency voltage is applied to the third phase such that the crest of the switching impulse is reached at the power-frequency voltage peak of opposite polarity. The difference between the voltages at the instant of the switching impulse crest shall be equal to the required switching impulse withstand voltage phase-to-phase (longitudinal insulation test according to IEC 60071-1).

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

In both tests, 15 consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 62271-203 and IEC 62271-200 shall be observed.

11.8.2.4 Power-frequency voltage test

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs.

b) Three-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 11.6.1.

The tests shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other phases are connected to earth.

After the phase-to-earth insulation test, the phase-to-phase insulation test shall be performed. If this test is made using only a power-frequency voltage, the same test arrangement shall be taken. The applied voltage shall be raised to the required phase-to-phase value.

The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

En alternative, la procédure d'essai suivante peut être adoptée. L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. La tension de choc égale à 1,2 fois le niveau de protection aux chocs de manœuvre est appliquée sur la deuxième phase, tandis que la tension à fréquence industrielle égale à U_C est appliquée sur la troisième phase de façon que, pendant l'application de la tension de choc sur la deuxième phase, la tension à fréquence industrielle atteigne sa valeur crête de polarité opposée.

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 62271-203 et de la CEI 62271-200 doivent être remplis.

11.8.2.5 Essai de tenue de la partie active des parafoudres blindés

Pour un parafoudre blindé doté d'une partie active comprenant des éléments résistifs reliés électriquement en série mais disposés géométriquement en parallèle au moyen d'un matériau isolant, la tenue en tension du matériau isolant et de la structure de maintien ainsi que l'isolation entre les colonnes résistives doivent être testées.

L'essai doit être réalisé de façon que toutes les contraintes diélectriques mentionnées ci-dessus soient prises en considération.

Pendant l'essai, les échantillons peuvent être entourés du gaz lui-même avec une densité correspondant à la densité minimale spécifiée pour le parafoudre complet.

11.8.3 Essais de vérification de la tension résiduelle

Le paragraphe 8.3 s'applique sans modification.

11.8.4 Essais de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 8.4 s'applique sans modification.

11.8.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 8.5 s'applique, sauf pour ce qui suit:

11.8.5.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.5.1.

Dans ces essais, on reproduit les conditions de service, comme expliqué en 6.9, en appliquant au parafoudre un nombre fixé de chocs de courant spécifiés en association avec une source d'alimentation à fréquence industrielle de fréquence et de tension spécifiées. La tension doit être mesurée avec une précision de ±1 % et sa valeur de crête ne doit pas varier de plus de 1 % entre la valeur à vide et la valeur à pleine charge. Il convient que le rapport de la tension de crête à la valeur efficace ne s'éloigne pas de $\sqrt{2}$ de plus de 2 %. Pendant les essais de fonctionnement, il est souhaitable que la tension à fréquence industrielle ne s'écarte pas des valeurs spécifiées de plus de ±1 %.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Alternatively, the following test procedure may be adopted. One phase of the arrester is connected to earth. The impulse voltage equal to 1,2 times the switching impulse protection level is applied to the second phase, while the power-frequency voltage equal to U_c is applied to the third phase. This is done in such a way that, during application of the impulse voltage to the second phase, the power-frequency voltage reaches its peak value of the opposite polarity.

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of the three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage shall be applied to each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 62271-203 and IEC 62271-200 shall be observed.

11.8.2.5 Withstand test on the active part of GIS-arresters

For a GIS-arrester with an active part containing the resistor elements electrically connected in series but geometrically arranged in parallel by using insulating material, the voltage withstand capability of the insulating material, the resistance of the supporting structure and the insulation between the resistor columns shall be tested.

The test shall be performed in such a way that all possible voltage stresses mentioned above are taken into consideration.

During the test, the samples may be surrounded by the actual gas of a density corresponding to the minimum density specified for the complete arrester.

11.8.3 Residual voltage tests

Subclause 8.3 applies without modification.

11.8.4 Long duration current impulse withstand test

Subclause 8.4 applies without modification.

11.8.5 Operating duty tests

Subclause 8.5 applies, except as follows:

11.8.5.1 General

This subclause replaces 8.5.1.

As explained in 6.9 these are tests in which service conditions are simulated by the application to the arrester of a stipulated number of specified impulses in combination with energization by a power supply of specified voltage and frequency. The voltage shall be measured with an accuracy of ±1 % and its peak value shall not vary by more than 1 % from no-load to full-load condition. The ratio of peak voltage to r.m.s. value should not deviate from $\sqrt{2}$ by more than 2 %. During the operating duty tests the power-frequency voltage should not deviate from the specified values by more than ±1 %.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L'exigence principale pour que le parafoudre passe avec succès ces essais est qu'il soit capable de se refroidir pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir d'emballement thermique. Les fractions de parafoudre en essai doivent donc avoir une capacité de dissipation de chaleur égale ou inférieure à celle du parafoudre complet tant en régime transitoire qu'en régime permanent (voir 8.5.3).

La séquence d'essai comprend

– des mesures initiales;
– un conditionnement;
– l'application des chocs;
– des mesures et examens.

Cette séquence est illustrée par les Figures 1, 2 et C.1.

L'essai doit être effectué, conformément à 7.2, 7.3 et 8.1, sur trois échantillons de parafoudres complets où de fractions de parafoudre à une température ambiante de 20 °C ± 15 K. La tension assignée de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV (sauf si la tension assignée du parafoudre est inférieure à cette valeur) mais sans dépasser nécessairement 12 kV. Si le parafoudre considéré comporte par construction un dispositif de déconnexion, ces essais doivent être effectués avec le dispositif de déconnexion en état de fonctionnement (voir 8.6).

Pour les parafoudres de tension assignée supérieure à 12 kV, il est habituellement nécessaire, en raison des limitations des installations d'essai existantes, d'effectuer cet essai sur une fraction de parafoudre. Il importe que la tension aux bornes de l'échantillon en essai et le courant à fréquence industrielle traversant l'échantillon représentent le mieux possible les conditions prévalant pour le parafoudre complet.

La puissance dissipée par les varistances constitue le paramètre critique pour que le parafoudre passe avec succès l'essai de fonctionnement. On doit donc effectuer l'essai de fonctionnement sur des varistances neuves avec des tensions d'essai majorées U_c^* et U_r^*, qui donnent les mêmes valeurs de puissance dissipée que des varistances vieillies sous la tension de régime permanent et sous la tension assignée. Ces tensions d'essai majorées doivent être déterminées à partir de l'essai de vieillissement accéléré de la manière décrite en 8.5.2.2.

La fraction de parafoudre essayée doit être soumise à des tensions égales à la tension de régime permanent (voir 3.9) et à la tension assignée (voir 3.8) du parafoudre complet divisées par le nombre total n de fractions semblables (voir 7.3). Ces tensions, U_{sc} égale à U_c/n et U_{sr} égale à U_r/n sont modifiées conformément à 8.5.2.2 pour obtenir les tensions d'essais majorées U_c^* et U_r^*.

NOTE La température de préchauffage de 60 °C ± 3 K spécifiée dans les Figures 1 et 2 est une moyenne pondérée qui tient compte de l'influence de la température ambiante, du rayonnement solaire ainsi que de certains effets de la pollution sur l'enveloppe du parafoudre.

Les effets d'un déséquilibre de tension entre les résistances du parafoudre doivent être appréhendés par des mesures de répartition de tension ou par des calculs faits à des tensions au plus égales à la tension de service permanent de parafoudre. Un calcul ou une mesure est valable pour la tension assignée considérée à ±25 % près.

Pour vérifier l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre, un essai conforme à l'Annexe B est nécessaire.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The main requirement to pass these tests is that the arrester is able to cool down during the power-frequency voltage application, i.e. thermal runaway does not occur. It is required therefore that the arrester sections tested shall have both a transient and a steady-state heat dissipation capability equal to, or less than, for the complete arrester (see 8.5.3).

The test sequence comprises

– initial measurements;
– conditioning;
– application of impulses;
– measurements and examination.

This sequence is illustrated in Figures 1, 2 and C.1.

The test shall be made on three samples of complete arresters or arrester sections in accordance with 7.2, 7.3 and 8.1 at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not lower than this and need not exceed 12 kV. If an arrester disconnector/fault indicator is built into the design of the arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector/fault indicator in operable condition (see 8.6).

For arresters rated above 12 kV it is usually necessary to make this test on an arrester section because of limitations of existing test facilities. It is important that the voltage across the test sample and the power-frequency current through the sample represent as closely as possible the conditions in the complete arrester.

The critical arrester parameter for successfully passing the operating duty test is the resistor power loss. The operating duty test shall, therefore, be carried out on new resistors at elevated test voltages U_c^* and U_r^* that give the same power losses as aged resistors at continuous operating and rated voltage respectively. These elevated test voltages shall be determined from the accelerated ageing procedure in the way described in 8.5.2.2.

The power-frequency test voltages to be applied to the test arrester section shall be the continuous operating (see 3.9) and rated (see 3.8) voltages of the complete arrester divided by the total number of similar arrester sections n (see 7.3). These voltages, U_{sc} equal to U_c/n and U_{sr} equal to U_r/n, are modified according to 8.5.2.2 to establish the elevated test voltages U_c^* and U_r^*.

NOTE The established preheat temperature of 60 °C ± 3 K specified in Figures 1 and 2 is a weighted average that covers the influence of ambient temperature, solar radiation and some influence of pollution on the arrester housing.

The voltage unbalance effects between varistors of the arresters shall be demonstrated by voltage distribution measurements or computations made at voltages not higher than the continuous operating voltage of the arresters. A performed calculation or measurement is valid for the considered rated voltage ±25 %.

To verify thermal equivalency between a complete arrester and an arrester section, a test according to Annex B is necessary.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La fraction de parafoudre doit seulement représenter le comportement thermique du parafoudre complet. Il n'est pas demandé qu'elle réponde aux exigences de 8.5.3.2 b), et la partie active de la fraction ne doit pas obligatoirement contenir les éléments de la structure de maintien.

L'essai de fonctionnement réalisé sur cette fraction de parafoudre est valable à la fois pour un parafoudre monophasé et pour un parafoudre triphasé.

11.8.6 Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut

Le paragraphe 8.6 n’est pas applicable.

11.8.7 Essais de court-circuit

Le paragraphe 8.7 s’applique en fonction du type du parafoudre (voir 11.6.11).

11.8.8 Essais de décharges partielles internes

Le paragraphe 8.8 s’applique sans modification.

11.9 Essais individuels

Les essais individuels sur les parafoudres blindés doivent être réalisés conformément à 9.1.

La tension de référence doit être mesurée sur le parafoudre complet ou sur ses parties actives.

L'essai de décharges partielles doit être réalisé sur le parafoudre complet ou sur ses parties actives, ainsi que sur son enveloppe, qui doit intégrer la structure de maintien et les éléments de répartition.

11.10 Essais consécutifs à l'installation sur site

Si le parafoudre est livré sur le site sans avoir été complètement monté, on doit contrôler que le montage est correct par toute méthode adéquate choisie par le constructeur.

Si l'on souhaite vérifier la tenue diélectrique en choc ou à fréquence industrielle d'un appareillage blindé équipé de parafoudres, les parafoudres doivent être retirés ou rendus inopérants afin de permettre la réalisation de ces essais.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The arrester section shall only represent the thermal behaviour of the complete arrester. It is not needed to meet the requirements of item b) of 8.5.3.2, and the active part of the section need not contain the elements of the supporting structure.

The operating duty test on this arrester section is valid for a single-phase arrester as well as for a three-phase arrester.

11.8.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators

Subclause 8.6 does not apply.

11.8.7 Short-circuit tests

Subclause 8.7 applies; depending upon the arrester type, see 11.6.11.

11.8.8 Internal partial discharge tests

Subclause 8.8 applies without modification.

11.9 Routine tests

The routine tests on GIS-arresters shall be carried out according to 9.1.

The reference voltage shall be measured on the complete arrester or on the active parts of the arrester.

The partial discharge test shall be performed on the complete arrester or on the active parts of the arrester and on the arrester housing, including supporting structure and grading elements.

11.10 Test after erection on site

If the arrester is delivered incompletely assembled to the site, it shall be checked for correct mounting by any appropriate method adopted by the manufacturer.

If the insulating capacity of gas-insulated switchgear equipped with arresters is to be tested with impulse or power-frequency voltages, the arresters shall be removed or rendered inoperative to permit these tests.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau 9 – Parafoudres blindés triphasés 10 000 A et 20 000 A – Tensions de tenue prescrites

Tension kV	Types de tension de tenue	Essais	Commentaires
U_r < 200	Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre + U_c x $\sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
	Tension de tenue à fréquence industrielle	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $\hat{u}_{ac}$ = 1,2 x niveau de protection au choc de manœuvre – phase-phase: $\hat{u}_{ac}$ = 1,2 x niveau de protection au choc de manœuvre + U_c x $\sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
$U_r \geq 200$	Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre + U_c x $\sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
	Tension de tenue au choc de manœuvre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: 1,25 x niveau de protection au choc de manœuvre – phase-phase: 2,5 x niveau de protection au choc de manœuvre	La plus faible des deux valeurs

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Table 9 – 10 000 A and 20 000 A three–phase GIS–arresters – Required withstand voltages

Voltage kV	Type of withstand voltage	Test	Comment
U_r < 200	Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: 1,3 × lightning impulse protection level - phase-to-phase: 1,3 × lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
	Power-frequency withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $\hat{u}_{ac}$ = 1,2 x switching impulse protection level - phase-to-phase: $\hat{u}_{ac}$ = 1,2 x switching impulse protection level + U_c x $\sqrt{2}$	Whichever is lower
$U_r \geq 200$	Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: 1,3 × lightning impulse protection level - phase-to-phase: 1,3 × lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
	Switching impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: 1,25 × switching impulse protection level - phase-to-phase: 2,5 × switching impulse protection level	Whichever is lower

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau 10 – Parafoudres blindés triphasés 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A – Tensions de tenue prescrites

Types de tension de tenue	Essais	Commentaires
Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre + U_c x $\sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
Tension de tenue à la fréquence industrielle	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $\hat{u}_{ac}$ = niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: $\hat{u}_{ac}$ = niveau de protection au choc de foudre + U_c x $\sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Table 10 – 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A three – phase – GIS arresters – Required withstand voltages

Type of withstand voltage	Test	Comment
Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: -withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: 1,3 × lightning impulse protection level - phase-to-phase: 1,3 × lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
Power-frequency withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $\hat{u}_{ac}$ = lightning impulse protection level - phase-to-phase: $\hat{u}_{ac}$ = lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower

Not for Resale

12 Parafoudres débrochables et parafoudres pour prises

12.1 Domaine d'application

Cette article s'applique à des parafoudres comportant des enveloppes isolantes et/ou blindées qui assurent l'isolation du système, destinés à être installés dans une enceinte pour la protection des équipements et des circuits de distribution.

12.2 Références normatives

Voir Article 2.

12.3 Termes et définitions

Voir Article 3

12.4 Identification et classification

Voir Article 4.

12.5 Caractéristiques assignées et conditions de service

L'Article 5 s'applique sauf pour ce qui suit:

12.5.4 Conditions normales de service

Ce paragraphe remplace 5.4.

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

a) La température ambiante de l'air dans l'environnement proche d'un parafoudre pour prise doit être située entre –40 °C et +65 °C.

b) La température maximale d'un parafoudre pour prise résultant de sources de chaleur extérieures dans l'environnement proche du parafoudre ne doit pas dépasser +85 °C.

NOTE Les effets d'un rayonnement solaire maximal (1,1 kW/m^2) sont pris en compte en préchauffant le spécimen en essai lors des essais de type. S'il existe d'autres sources de chaleur à proximité du parafoudre, il convient que l'utilisation du parafoudre fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

c) Altitude ne dépassant pas 1 000 m.

d) Fréquence de la source d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

e) Tension à fréquence industrielle appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension de régime permanent.

f) Conditions mécaniques (à l'étude).

g) Conditions de pollution (pas de prescription actuellement).

12.6 Prescriptions

La prescription de l'Article 6 s'applique, sauf dans le cas suivant:

12.6.11 Court-circuit

Ce paragraphe remplace 6.11.

Un parafoudre pour lequel une tenue en court-circuit est déclarée par le constructeur ne doit pas provoquer de rupture explosive en cas de défaillance (voir 12.8.7).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12 Separable and dead-front arresters

12.1 Scope

This clause applies to arresters designed with insulating and/or shielded housings providing system insulation, intended to be installed in an enclosure for the protection of distribution equipment and circuits.

12.2 Normative references

See Clause 2.

12.3 Terms and definitions

See Clause 3.

12.4 Identification and classification

See Clause 4.

12.5 Standard ratings and service conditions

Clause 5 applies, except as follows.

12.5.4 Normal service conditions

This subclause replaces 5.4.

Surge arresters which conform to this standard shall be suitable for normal operation under the following normal service conditions.

a) Ambient air temperature in the general vicinity of dead-front arresters shall be between –40 °C and +65 °C.

b) The maximum temperature of dead-front arresters due to external heat sources in the general vicinity of the arrester shall not exceed +85 °C.

NOTE The effects of maximum solar radiation (1,1 kW/m^2) have been taken into account by preheating the test specimen in the type tests. If there are other heat sources near the arrester, the application of the arrester should be subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser.

c) Altitude not exceeding 1 000 m.

d) Frequency of the a.c. power supply not less than 48 Hz and not exceeding 62 Hz.

e) Power-frequency voltage applied continuously between the terminals of the arrester not exceeding its continuous operating voltage.

f) Mechanical conditions (under consideration).

g) Pollution conditions (no requirement at this time).

12.6 Requirements

The requirements of Clause 6 apply except for the following.

12.6.11 Short circuit

This subclause replaces 6.11.

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall not fail in a manner that causes violent shattering (see 12.8.7).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tous les parafoudres débrochables ou pour prise doivent pouvoir résister à la défaillance de leurs résistances non linéaires sans projection de morceaux du parafoudre à travers leur enveloppe, sauf en des points spécifiquement prévus à cet effet.

12.7 Conditions générales d'exécution des essais

Voir Article 7.

12.8 Essais de type (essais de conception)

12.8.1 Généralités

Les essais de type définis à l'Article 8 doivent être réalisés sauf comme indiqué ci-dessous:

1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre – voir 12.8.2
5) Essais de court-circuit – voir 12.8.7.
6) Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut – pas applicables.
7) Essais de pollution artificielle de l'Annexe F – pas applicables.

NOTE Des essais appropriés sont à l'étude.

9) Essai en moment de flexion – pas applicable.
10) Essai d'environnement – pas applicable.
11) Mesure du taux de fuite – pas applicable.

12.8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Le paragraphe 8.2 s'applique avec l'addition des deux paragraphes suivants après 8.2.8.

12.8.2.9 Essais de tenue de l'isolation des parafoudres débrochables non blindés

Pour les parafoudres débrochables non blindés dont les distances minimales à respecter sont inférieures à celles spécifiées par la CEI 60071-2, trois échantillons doivent être montés dans une enceinte d'essai mise à la terre, comme cela est représenté à la Figure 11. Si l'enceinte d'essai est symétrique, les essais doivent être effectués sur les parafoudres 1 et 2. Si l'enceinte d'essai n'est pas symétrique, les essais doivent être effectués sur les trois parafoudres. Les dimensions minimales *a*, *b*, *c*, *d*, et *e* à respecter doivent être précisées dans la documentation fournie par le constructeur. Pour les parafoudres débrochables blindés, les essais se limitent à une seule phase.

Les essais de tenue de l'isolation peuvent être effectués sur des parafoudres comprenant les résistances non linéaires. Dans ce cas, l'échantillon en essai doit être isolé de la terre. Au cours des essais en choc, le parafoudre situé à côté du parafoudre soumis aux essais doit être relié à la terre.

Les valeurs de tenue de l'isolation doivent être conformes au Tableau 11.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

All separable and dead-front arresters shall be able to withstand resistor failures without ejecting arrester parts through the body of the housing except at places specifically designed for this purpose.

12.7 General testing procedure

See Clause 7.

12.8 Type tests (design tests)

12.8.1 General

Type tests defined in Clause 8 shall be performed, except as indicated below.

1) Insulation withstand tests on the arrester housing – see 12.8.2.
5) Short circuit test – see 12.8.7.
6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
7) Artificial pollution tests of Annex F – does not apply.

NOTE Suitable tests are under consideration.

9) Bending moment test – does not apply.
10) Environmental test – does not apply.
11) Seal leak rate test – does not apply.

12.8.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

Subclause 8.2 applies with the addition of the following two subclauses.

12.8.2.9 Insulation withstand tests of unscreened separable arresters

For unscreened separable arresters where the clearances are smaller than that specified in IEC 60071-2, three samples shall be mounted in an earthed test terminal box, as shown in Figure 11. Provided that the test box is symmetrical, the test shall be performed on arresters 1 and 2. If the box is not symmetrical, all three arresters shall be tested. The minimum allowable clearances *a, b, c, d*, and *e* shall be stated in the literature included with the arrester. For screened separable arresters, a single-phase test is sufficient.

The insulation withstand tests may be carried out with arresters including the non-linear resistors. In this case, the tested unit shall be isolated from earth potential. During the impulse test, the arrester next to the tested arrester shall be earthed.

Insulation withstand values shall be in accordance with Table 11.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

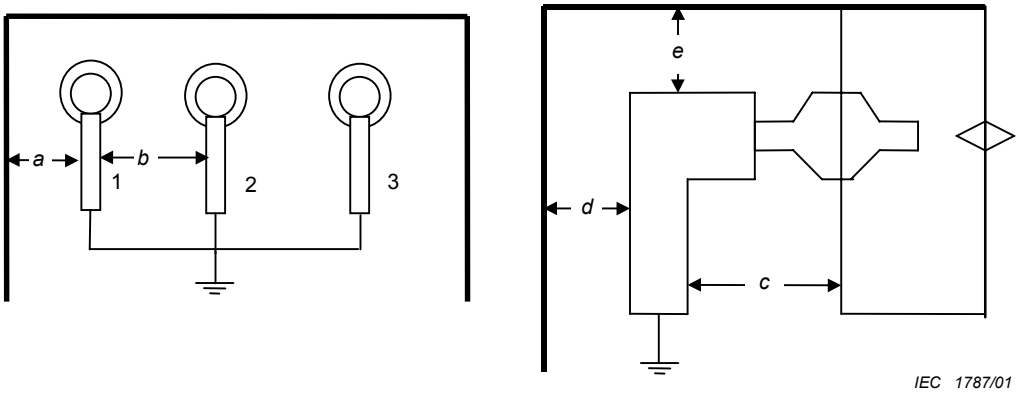


Figure 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres pour prise ou débrochables avec enveloppe blindée

Tableau 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres débrochables non blindés

Tension la plus élevée pour le matériel KV	**Tension d'essai au choc en onde pleine 1,2/50** kV (crête)	**Tension d'essai en 50/60 Hz** kV (eff.)
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70
NOTE Les tensions d'essai sont conformes à la CEI 60694 et à la CEI 60071-1 et, pour les autres valeurs de «tension maximale d'exploitation du réseau», utiliser les tensions d'essai de la CEI 60071-1.		

12.8.2.10 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débrochables ou pour prise blindés

Pour les parafoudres débrochables ou pour prises blindés, les résistances non linéaires doivent être retirées et remplacées par un cylindre de métal de même diamètre extérieur. La longueur du cylindre de métal ne doit pas être inférieure aux deux tiers de la longueur totale de l'empilage de résistances. L'extrémité inférieure du cylindre doit avoir une forme permettant de minimiser la contrainte diélectrique (hémisphérique par exemple). Pour l'isolation de l'extrémité inférieure de l'enveloppe blindée, la longueur restante de l'enveloppe doit être remplie d'un matériau isolant (liquide ou solide) afin d'empêcher un claquage dans l'interface au cours de l'essai. La borne haute tension doit être alimentée et l'enveloppe blindée doit être reliée à la terre pendant l'essai.

Les valeurs de tenue de l'isolation doivent être conformes au Tableau 11 ou au Tableau 12, selon l'application retenue.

Tableau 12 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débrochables ou pour prise blindés

Classe d'isolement du réseau KV	**Tension d'essai au choc 1,2/50 en onde pleine** kV (crête)	**Tension d'essai en 50/60 Hz** kV (eff.) pendant 1 min	**Tension d'essai en courant continu** kV pendant 15 min
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103
NOTE Les tensions d'essai sont conformes à l'IEEE C62.11.			

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

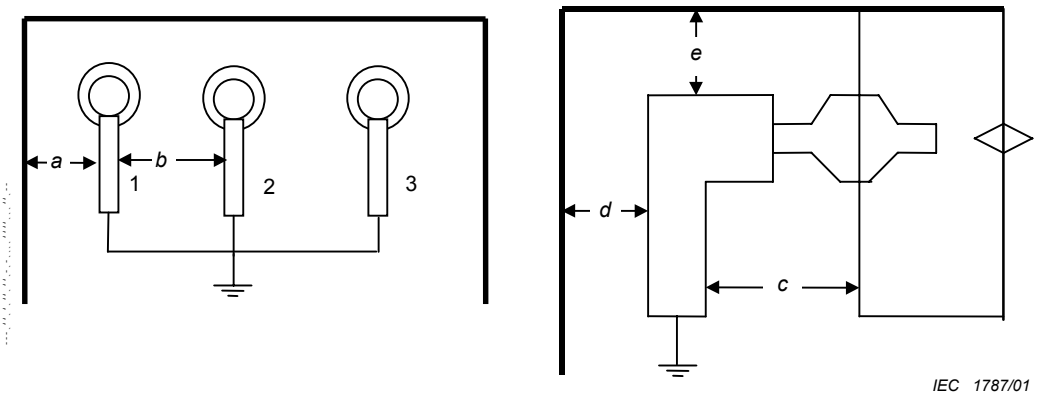


Figure 11 – Test set-up for insulation withstand test ofseparable arresters in insulating housings

Table 11 – Insulation withstand test voltages for unscreened separable arresters

Highest voltage for equipment kV	Impulse test 1,2/50 full wave kV (peak value)	50/60 Hz test voltage kV (r.m.s.)
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70
NOTE Test values are in accordance with IEC 60694 and IEC 60071-1 and, for other values of the "highest voltage for equipment", use the test voltages in IEC 60071-1.		

12.8.2.10 Insulation withstand tests of dead-front or separable arresters in a screened housing

For dead-front or separable arresters in a screened housing, the non-linear resistors shall be removed and replaced by a metal rod of the same outer diameter as the resistors. The length of the metal rod shall be at least two-thirds of the total length of the resistor stack. The lower end of the rod shall be shaped in such a way as to minimize dielectric stress (for example, semi-spherical). To isolate the housing screen at the lower end, the remaining housing length shall be filled with insulating material (solid or liquid) to prevent interfacial breakdown during the test. The high-voltage terminal shall be energized and the screened housing earthed for the test.

Insulation withstand values shall be in accordance with Table 11 or Table 12, depending on the intended application.

Table 12 – Insulation withstand test voltages for dead-front arresters or separable arresters in a screened housing

System class rating kV	Impulse test 1,2/50 full wave kV (peak)	50/60 Hz test voltage kV (r.m.s.) applied for 1 min	DC test voltage kV applied for 15 min
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103
NOTE Test values are in accordance with IEEE C62.11.			

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.3 Essais de vérification des tensions résiduelles

Le paragraphe 8.3 s'applique sans modification.

12.8.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 8.4 s'applique sans modification.

12.8.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 8.5 s'applique sauf pour les exceptions suivantes:

12.8.5.2.1 Procédures d'essai

Ce paragraphe remplace 8.5.2.1.

Trois échantillons de résistances doivent être alimentés sous une tension égale à leur tension maximale de service permanent corrigée U_{ct} (voir plus loin) pendant une durée de 1 000 h durant laquelle la température doit être régulée de façon que la température à la surface des résistances se maintienne à 115 °C ± 4 K.

Tous les matériaux (solides ou liquides) en contact direct avec les résistances doivent être présents lors de l'essai de vieillissement, avec une conception identique à celle du parafoudre complet.

Pendant ce vieillissement accéléré, la résistance doit se trouver dans le milieu utilisé dans le parafoudre. Dans ce cas, l'essai doit être effectué sur des résistances séparées dans une enceinte fermée dont le volume est au moins le double de celui de la résistance; la densité du milieu dans l'enceinte ne doit pas être inférieure à celle du milieu dans le parafoudre.

NOTE 1 Le milieu entourant la résistance à l'intérieur du parafoudre peut subir des modifications durant la vie normale du parafoudre en raison de décharges partielles internes. Une éventuelle modification du milieu entourant la résistance peut accroître de façon significative la puissance absorbée en service.

Une procédure d'essai appropriée prenant en compte de telles modifications est à l'étude. Entre-temps, une procédure alternative consiste à réaliser l'essai dans du N_2 ou du SF_6 (pour les parafoudres blindés) avec une concentration d'oxygène faible (moins de 0,1 % en volume). Cela assure que, même en l'absence totale d'oxygène, le parafoudre ne vieillira pas.

Si le constructeur peut prouver que l'essai effectué à l'air libre est équivalent à celui effectué dans le milieu réel, l'essai de vieillissement pourra être effectué à l'air libre. La tension appropriée pour cet essai est la tension maximale de service permanent corrigée (U_{ct}) à laquelle sont soumises les résistances dans le parafoudre, en tenant compte des effets de déséquilibre de tension. Il convient que cette tension soit déterminée par des calculs ou des mesures de répartition de tension. Cette tension doit être égale à celle s'appliquant sur la résistance non linéaire la plus contrainte en tension. Pour des parafoudres blindés, le constructeur doit déterminer cette valeur par calcul. Les parafoudres pour prise doivent être alimentés pendant 2 000 h.

NOTE 2 Des informations sur les procédures utilisables pour le calcul de la répartition de tension sont données à l'Annexe L.

Pour les parafoudres de longueur H inférieure à 1 m, à l'exception de ceux à enveloppe conductrice et mise à la terre tels les parafoudres blindés, immergés, débrochables et pour prise, la tension peut être déterminée à partir de la formule suivante:

$$U_{ct} = U_c\,(1 + 0{,}15\,H)$$

où H est la longueur totale du parafoudre (m).

L'essai de vieillissement décrit ci-dessus doit être effectué sur trois échantillons types de résistances dont la tension de référence doit répondre aux prescriptions de 7.3. La tension à fréquence industrielle doit correspondre aux prescriptions des essais de fonctionnement (voir 8.5.1).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.3 Residual voltage tests

Subclause 8.3 applies without modification.

12.8.4 Long duration current impulse withstand test

Subclause 8.4 applies without modification.

12.8.5 Operating duty tests

Subclause 8.5 applies, except as follows.

12.8.5.2.1 Test procedure

This subclause replaces 8.5.2.1

Three resistor samples shall be stressed at a voltage equal to the corrected maximum continuous operating voltage U_{ct} (see below) of the sample for 1 000 h, during which the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the resistor at 115 °C ± 4 K.

All material (solid or liquid) in direct contact with the resistors shall be present during the ageing test with the same design as used in the complete arrester.

During this accelerated ageing, the resistor shall be in the surrounding medium used in the arrester. In this case, the procedure shall be carried out on single resistors in a closed chamber where the volume of the chamber is at least twice the volume of the resistor and where the density of the medium in the chamber shall not be less than the density of the medium in the arrester.

NOTE 1 The medium surrounding the resistor within the arrester may be subject to a modification during the normal life of the arrester due to internal partial discharges. Possible change of the medium surrounding the resistor in the field can significantly increase the power losses.

A suitable test procedure taking into account such modifications is under consideration. During this time an alternative procedure consists in performing the test in N_2 or SF_6 (for GIS-arresters) with a low oxygen concentration (less than 0,1 %, in volume). This ensures that even in the total absence of oxygen, the arrester will not age.

If the manufacturer can prove that the test carried out in open air is equivalent to that carried out in the actual medium, the ageing procedure can be carried out in open air. The relevant voltage for this procedure is the corrected maximum continuous operating voltage (U_{ct}), which the resistors support in the arrester including voltage unbalance effects. This voltage shall be equal to that of the highest stressed non-linear resistor. For screened arresters, the manufacturer shall establish this voltage value by calculations. Dead-front arresters shall be energized for 2 000 h.

NOTE 2 Information on procedures for voltage distribution calculations are given in Annex L.

For arresters with a length H of less than 1 m, except for arresters with conductive, grounded enclosures such as GIS-arresters, liquid-immersed, dead-front or separable arresters, the voltage may be determined from the following formula:

$$U_{ct} = U_c\,(1 + 0{,}15\,H)$$

where H is the total length of the arrester (m).

The ageing procedure described above shall be carried out on three typical samples of resistor elements with a reference voltage fulfilling the requirements of 7.3. The power-frequency voltage shall fulfil the requirements stated for the operating duty test (see 8.5.1).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.5.4.2 Application des chocs

Ce paragraphe remplace 8.5.4.2.

Au début de l'essai de fonctionnement, la température de la fraction complète doit être de 20 °C ± 15 K.

On soumet la fraction à deux chocs de courant de grande amplitude dont la valeur de crête et la forme d'onde sont spécifiées dans le Tableau 8. On soumet les parafoudres pour courants de foudre élevés spécifiés dans l'Annexe C à trois chocs 30/80 dont la valeur de crête est 40 kA.

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude

Classification des parafoudres	Courant de crête 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE Selon les conditions de service, on pourra adopter pour le courant de crête des valeurs différentes (inférieures ou supérieures).	

Entre les deux chocs, la fraction doit être préchauffée dans une étuve de façon que la température au moment d'application du deuxième choc soit de 60 °C ± 3 K pour les parafoudres débrochables et 85 °C ± 3 K pour les parafoudres pour prises. Les essais doivent être effectués à la température ambiante de 20 °C ± 15 K.

Si, en raison d'une pollution élevée ou de conditions de service anormales, une température plus élevée est jugée nécessaire, la valeur plus élevée doit être utilisée pour l'essai à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai pour les courants de choc doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre les limites suivantes:

a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur crête spécifiée;

b) durée conventionnelle du front comprise entre 3,5 μs et 4,5 μs;

c) durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue comprise entre 9 μs et 11 μs;

d) la valeur de crête de toute onde de courant de la polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;

e) on admet la présence sur l'onde de petites oscillations à condition que leur amplitude au voisinage de la crête du choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, pour les besoins des mesures, on établit une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

L'essai de conditionnement et les chocs de courant de grande amplitude qui le suivent doivent être appliqués avec la même polarité.

Un circuit type pouvant être utilisé pour cet essai est décrit dans l'Annexe H.

Dès que possible après le dernier choc de courant de grande amplitude et avant que 100 ms ne se soient écoulées, on applique une tension à fréquence industrielle égale aux valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) (voir 8.5.2) pendant une durée de 10 s et de 30 min respectivement, pour mettre en évidence la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.5.4.2 Application of impulses

This subclause replaces 8.5.4.2.

At the beginning of the operating duty test, the temperature of the complete section shall be 20 °C ± 15 K.

The section is subjected to two high current impulses with peak value and impulse shape as specified in Table 8. High lightning duty arresters specified in Annex C are subjected to three 30/80 impulses with a peak value of 40 kA.

Table 8 – Requirements for high current impulses

Arrester classification	Peak current 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE According to service conditions other values (lower or higher) may be adopted for the peak current.	

Between the two impulses the section shall be preheated in an oven so that the temperature at the application of the second impulse is 60 °C ± 3 K for separable arresters and 85 °C ± 3 K for deadfront arresters. The tests shall be carried out at an ambient temperature of 20 °C ± 15 K.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value is used for the test if agreed to between manufacturer and purchaser.

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

a) from 90 % to 110 % of the specified peak value;

b) from 3,5 μs to 4,5 μs for virtual front time;

c) from 9 μs to 11 μs for virtual time to half-value on the tail;

d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;

e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The conditioning test and the following high current impulses shall be applied at the same polarity.

Annex H describes a typical test circuit which may be used.

As soon as possible but not later than 100 ms after the last high current impulse a power frequency voltage equal to the elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*) (see 8.5.2) shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de grande amplitude est appliqué de préférence pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Le délai de 100 ms est admis en considérant les limitations pratiques du circuit d'essai.

On doit enregistrer le courant à chaque choc et les différents enregistrements de courant effectués sur un même échantillon ne doivent mettre en évidence aucune variation indiquant une perforation ou un contournement de l'échantillon.

Le courant à la valeur majorée de la tension de régime permanent (U_c^*) doit être enregistré de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique (voir 8.5.6).

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début des essais.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

12.8.6 Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut

Le paragraphe 8.6 s'applique sans modification.

12.8.7 Procédure d'essai de court-circuit

Un parafoudre pour lequel une tension assignée de court-circuit est demandée par le constructeur doit être soumis à un essai de court-circuit conformément à 8.7 pour montrer que le parafoudre ne connaîtra pas de défaillance telle qu'elle occasionne de violentes vibrations de l'enveloppe. Les modifications de 8.7 qui sont applicables aux parafoudres séparables ou pour prises sont celles qui suivent.

12.8.7.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.7.1.

Il convient que les parafoudres pour lesquels le constructeur déclare une tenue au court-circuit soient essayés conformément à cette annexe. Le but des essais est de montrer qu'une défaillance du parafoudre n'est pas susceptible d'en provoquer la rupture explosive.

Chaque conception de parafoudres est testée à deux groupes de valeurs du courant de court-circuit:

– les courants de court-circuit de forte amplitude, comprenant le courant assigné de court-circuit et deux courants réduits de court-circuit;

– le courant de court-circuit de faible amplitude.

NOTE D'un point de vue conception, il existe deux principaux types de parafoudres différant par leur comportement aux courants de court-circuit.

Un premier type de parafoudres utilise la surpression interne qui est générée par l'arc interne dû au court-circuit des résistances du parafoudre. Cette surpression est créée par l'échauffement d'un volume fermé de gaz ou de liquide qui se dilate et provoque ainsi l'éclatement ou l'ouverture d'un limiteur de pression (dans ce cas, les essais sont parfois appelés «essais du limiteur de pression»). L'enveloppe du parafoudre n'est pas censée se rompre avant la relaxation de la surpression.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE To reproduce actual system conditions the second high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitations in the test circuit.

The current shall be recorded in each impulse and the current records from the same sample should show no difference that indicates puncture or flashover of the sample.

The current at the elevated continuous operating voltage (U_c^*) shall be registered continuously during the power-frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power-frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway (see 8.5.6).

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the change in residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 % and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

12.8.6 Tests of disconnectors/fault indicators

Subclause 8.6 applies without modification.

12.8.7 Short-circuit test procedure

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall be subjected to a short-circuit test according to 8.7 to show that the arrester will not fail in a manner that causes violent shattering of the housing. Modifications to 8.7 that are applicable to separable and dead-front arresters are as follows.

12.8.7.1 General

This subclause replaces 8.7.1.

Arresters, for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer, should be tested in accordance with this annex. The test is conducted to show that an arrester failure is not likely to cause an explosive failure.

Each arrester design is tested with two groups of short-circuit currents:

– high short-circuit current values consisting of the rated short-circuit current and two reduced short-circuit currents;

– low short-circuit current.

NOTE Surge arresters may be of two principal designs with respect to short-circuit behaviour.

One design of surge arresters makes use of the internal overpressure, which is built up due to the internal arc coming from the short circuit of the arrester elements. The overpressure is created by heating an enclosed volume of gas or liquid, which expands, leading to bursting or flipping of a pressure-relief device (in this case, the tests are sometimes called "pressure-relief tests"). The arrester housing is not intended to break before the overpressure is relieved.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Un autre type de parafoudres, habituellement de nature compacte et sans aucun volume interne de gaz ou de liquide, ne possède pas de limiteur de pression. Le comportement aux courants de court-circuit dépend alors de la façon dont l'arc parvient à brûler ou à déchirer l'enveloppe du parafoudre.

Si le parafoudre est équipé d'un dispositif se substituant à un limiteur de pression conventionnel, il convient que ce dispositif soit utilisé pour les essais.

Pour les essais de court-circuit aux courants assignés et réduits, les méthodes de préparation des échantillons d'essai dépendent de la conception du parafoudre. Dans le cas d'un parafoudre équipé d'un limiteur de pression, les résistances sont court-circuitées par un fil fusible externe. Dans le cas d'un parafoudre sans limiteur de pression, les résistances peuvent être soit pré-dégradées par l'application d'une surtension, soit court-circuitées par un fil fusible interne placé dans un trou agencé à cet effet.

Pour l'essai de court-circuit au courant de faible amplitude, les résistances sont pré-dégradées par l'application d'une surtension.

Il est recommandé que la fréquence de la source délivrant les courants de court-circuit ne soit pas inférieure à 48 Hz ni supérieure à 62 Hz.

Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, des cycles de réenclenchement peuvent être appliqués en utilisant une procédure et des critères d'essais mutuellement acceptés.

Tous les parafoudres débrochables ou pour prise doivent pouvoir résister à la défaillance de leurs résistances non linéaires sans projection de morceaux de parafoudre à travers leur enveloppe, sauf en des points spécifiquement prévus à cet effet. Les essais doivent être effectués sur des fractions complètes de parafoudres ayant la tension assignée la plus élevée pour un type et une construction donnés. On doit considérer que ces essais couvrent les parafoudres de tensions assignées inférieures qui sont du même type et de la même conception.

Des échantillons doivent être préparés conformément à 8.7.2.

12.8.7.3 Montage de l'échantillon en essai

Ce paragraphe remplace 8.7.3.

Les échantillons de parafoudres pour prise destinés aux essais doivent être montés sur une traversée normalisée afin de simuler les conditions normales de service.

Les essais de court-circuit sur parafoudres débrochables doivent être effectués avec les parafoudres installés dans un compartiment indépendant. Le montage doit être conforme à 10.2.3 de la CEI 61330.

12.8.7.4 Evaluation des résultats d'essais

Ce paragraphe remplace 8.7.6.

On doit considérer que le parafoudre n'a pas satisfait à ces essais s'il se produit une rupture explosive de l'enveloppe avec projection de morceaux de parafoudre à travers son enveloppe. La projection de morceaux de parafoudre, y compris les résistances non linéaires, par le fond avec dégagement du capot ou par d'autres points spécifiquement prévus à cet effet est acceptable.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Another design, usually of a compact type with no enclosed volume of gas or liquid, does not have any pressure-relief device. The short-circuit performance of this design depends on the arc directly burning through or tearing the housing.

If the arrester is equipped with an arrangement other than a conventional pressure relief device, this arrangement should be included in the test.

For the rated and reduced short-circuit current, the methods of test sample preparation depend upon the arrester construction. For an arrester fitted with a pressure-relief device, the active resistors are externally bypassed by a fuse wire. For an arrester without a pressure-relief device, the active resistors may be pre-failed by overvoltage or may be bypassed with an internal fuse wire installed in a drilled hole through the resistors.

For the low-current short-circuit test, active resistors are pre-failed by overvoltage.

The frequency of the short-circuit current test supply should be not less than 48 Hz and not greater than 62 Hz.

Upon agreement between the manufacturer and the user, reclosing cycle tests may be performed using a mutually agreed upon test procedure and test criteria.

All separable and dead-front arresters shall be able to withstand resistor failures without ejecting arrester parts through the body of the housing except at places specifically designed for this purpose. The tests shall be made on the highest voltage rating of complete arrester units of a given type and design. These tests shall be considered to substantiate conformance to this standard of lower voltage ratings of the same type and design.

Samples shall be prepared according to 8.7.2.

12.8.7.3 Mounting of the test sample

This subclause replaces 8.7.3.

Dead-front arrester test specimens shall be mounted on a standard interface bushing to simulate normal service conditions.

Separable arrester short-circuit tests shall be carried out while installed in the individual compartment. Mounting shall be in accordance with 10.2.3 of IEC 61330.

12.8.7.4 Evaluation of test results

This subclause replaces 8.7.6.

Fracture of the housing with ejection of arrester parts through the body shall constitute failure of the arrester to pass this test. Ejection of arrester parts including non-linear resistors through the bottom with release of the bottom cap, or through other parts specifically designed for this purpose, is acceptable.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.8 Essai de décharges partielles internes

Ce paragraphe remplace 8.8.

L'essai doit être réalisé sur la fraction électrique de parafoudre la plus longue. Si cela ne correspond pas à la contrainte spécifique de tension par élément la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être réalisés sur l'élément ayant la contrainte de tension la plus élevée. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

NOTE Il convient que ces protections aient des effets négligeables sur la répartition de tension.

Les tensions d' essais et les niveaux d'extinction doivent être conformes au Tableau 13.

Tableau 13 – Essais de décharges partielles internes pour les parafoudres débrochables et les parafoudres pour prise

Parafoudres débrochables		Parafoudres pour prise	
Tension la plus élevée pour le matériel	**Tension d'essai de décharges partielles (niveau d'extinction)**	**Classe d'isolement du réseau**	**Tension d'essai de décharges partielles (niveau d'extinction)**
kV	kV (eff.) [a]	kV	kV (eff.)
12	12	15	11
17,5	17,5	25	19
24	24	35	26
36	36	-	-

[a] Si U_c est inférieur à la tension maximale d'exploitation, la tension d'essai doit être 1,05 fois U_c.

12.9 Essais individuels et essais de réception

L'Article 9 s'applique sans modification

13 Parafoudres immergés

13.1 Domaine d'application

Cet article concerne les parafoudres conçus pour être immergés dans un liquide isolant. Il ne s'applique pas à des appareils non soumis à la tension de service du système (tels que les dispositifs montés sur des changeurs de prises). Ces appareils ne sont pas des parafoudres.

13.2 Références normatives

Voir Article 2.

13.3 Termes et définitions

Voir Article 3.

13.4 Identification et classification

Voir Article 4.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

12.8.8 Internal partial discharge test

This subclause replaces 8.8.

The test shall be performed on the longest electrical unit of the arrester. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit having the highest specific voltage stress. The test sample may be shielded against external partial discharges.

NOTE Shielding against external partial discharges should have negligible effects on the voltage distribution.

Test voltages and extinction levels shall be according to Table 13.

Table 13 – Partial discharge test values for separable and dead-front arresters

Separable arresters		Dead-front arresters	
Highest voltage of equipment	**Partial discharge test voltage (extinction level)**	**System class rating**	**Partial discharge test voltage (extinction level)**
kV	kV (r.m.s.)[a]	kV	kV (r.m.s.)
12	12	15	11
17,5	17,5	25	19
24	24	35	26
36	36	-	-

[a] If U_c is lower than the highest voltage of equipment, the test voltage shall be 1,05 times U_c.

12.9 Routine tests and acceptance tests

Clause 9 applies without modification.

13 Liquid-immersed arresters

13.1 Scope

This clause applies to arresters designed to be used immersed in insulating liquid. It does not apply to devices not subjected to the operating voltage of the system (for example, devices on tap changers). Such devices are not arresters.

13.2 Normative references

See Clause 2.

13.3 Terms and definitions

See Clause 3.

13.4 Identification and classification

See Clause 4.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

13.5 Caractéristiques assignées et conditions de service

L'Article 5 s'applique, sauf pour ce qui suit.

13.5.4 Conditions normales de service

Ce paragraphe remplace 5.4.1.

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

a) La température du liquide à proximité immédiate d'un parafoudre immergé doit être comprise entre –40 °C et +95 °C.

b) La valeur moyenne journalière de la température maximale du liquide isolant ambiant ne doit pas dépasser +120 °C.

NOTE Les effets d'un rayonnement solaire maximal (1,1 kW/m^2) sont pris en compte en préchauffant le spécimen en essai lors des essais de type. S'il existe d'autres sources de chaleur à proximité du parafoudre, il convient que l'utilisation du parafoudre fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

c) Altitude ne dépassant pas 1 000 m.

d) Fréquence de la source d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

e) Tension à fréquence industrielle appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension de régime permanent.

f) Conditions mécaniques (à l'étude).

g) Conditions de pollution (pas de prescription actuellement).

13.6 Prescriptions

Les prescriptions de l'Article 6 s'appliquent sauf pour ce qui suit.

13.6.11 Court-circuit

Ce paragraphe remplace 6.11.

Un parafoudre pour lequel une tenue en court-circuit est déclarée par le constructeur ne doit pas provoquer de rupture explosive en cas de défaillance (voir 13.8.7).

Si un courant assigné de défaillance en circuit ouvert est déclaré, les essais doivent être effectués au plus bas niveau de courant déclaré.

Si un courant assigné de défaillance en court-circuit est déclaré, les essais doivent prendre en compte le plus haut niveau de courant déclaré.

13.7 Conditions générales d'exécution des essais

L'Article 7 s'applique sans modification.

13.8 Essais de type (essais de conception)

13.8.1 Généralités

Les essais de type définis à l'Article 8 doivent être effectués, sauf comme indiqué ci-après.

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

13.5 Standard ratings and service conditions

Clause 5 applies, except as follows.

13.5.4 Normal service conditions

This subclause replaces 5.4.1.

Surge arresters which conform to this standard shall be suitable for normal operation under the following normal service conditions.

a) The ambient liquid temperature in the general vicinity of liquid-immersed arresters shall be between –40 °C and +95 ºC.

b) The daily average value of the maximum temperature of the ambient insulating liquid shall not exceed +120 ºC.

NOTE The effects of maximum solar radiation (1,1 kW/m^2) have been taken into account by preheating the test specimen in the type tests. If there are other heat sources near the arrester, the application of the arrester should be subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser.

c) Altitude not exceeding 1 000 m.

d) Frequency of the a.c.power supply not less than 48 Hz and not exceeding 62 Hz.

e) Power-frequency voltage applied continuously between the terminals of the arrester not exceeding its continuous operating voltage.

f) Mechanical conditions (under consideration).

g) Pollution conditions (no requirement at this time).

13.6 Requirements

The requirements of Clause 6 apply except for the following.

13.6.11 Short-circuit

This subclause replaces 6.11.

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall not fail in a manner that causes violent shattering (see 13.8.7).

If a fail-open current rating is claimed, the tests shall be conducted at the lowest current level claimed.

If a fail-short current rating is claimed, the tests shall include the highest current level claimed.

13.7 General testing procedure

Clause 7 applies without modification.

13.8 Type tests (design tests)

13.8.1 General

Type tests defined in Clause 8 shall be performed, except as indicated below.

The following type tests shall be carried out depending upon the arrester type.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre – voir 13.8.2.

5) Essais de court-circuit – voir 13.8.7.

6) Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut – pas applicables.

7) Essais de pollution artificielle de l'Annexe F – pas applicables.

9) Essai en moment de flexion – pas applicable.

10) Essai d'environnement – pas applicable.

11) Essai du taux de fuite – pas applicable.

Lorsque les essais sur parafoudres immergés doivent être réalisés dans un liquide isolant, ce liquide doit être celui qui est utilisé dans l'équipement protégé.

13.8.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Le paragraphe 8.2 s'applique, sauf pour ce qui suit.

13.8.2.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.2.1.

Les essais de tenue de l'isolation démontrent la capacité de tenue à la tension de l'isolation externe de l'enveloppe des parafoudres. Pour d'autres configurations, l'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

Les essais doivent être effectués dans les conditions et sous les tensions d'essai spécifiées en 6.1 et rappelées ci-dessous. La surface extérieure des parties isolantes doit être nettoyée soigneusement et les parties internes doivent être retirées ou rendues inopérantes pour permettre d'effectuer ces essais.

Les essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres immergés doivent être effectués avec le liquide isolant à température ambiante.

13.8.2.5 Procédure d'essai de résistance à l'humidité

Ce paragraphe remplace 8.2.5.

Les essais de résistance à l'humidité selon la procédure donnée dans la CEI 60060-1 ne s'appliquent pas aux parafoudres immergés

13.8.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 8.5 s'applique sauf pour ce qui suit

13.8.5.2.1 Procédure d'essai

Ce paragraphe remplace 8.5.2.1.

Trois échantillons de résistances doivent être alimentés sous une tension égale à leur tension maximale de service permanent corrigée U_{ct} (voir plus loin) pendant une durée de 7 000 h durant laquelle la température doit être régulée de façon que la température à la surface des résistances se maintienne à 115 °C ± 4 K. La durée des essais peut être ramenée à une valeur moindre mais jamais inférieure à 2 000 h après accord entre le constructeur et l'utilisateur. Cela peut être réalisé en mesurant la puissance absorbée par les résistances au moins une fois toutes les 100 h, puis en extrapolant pour 7 000 h à l'aide d'une droite tracée sur un graphique représentant la puissance absorbée en fonction de la racine carrée du temps, depuis la plus faible valeur mesurée jusqu'à la plus forte valeur mesurée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

1) Insulation withstand tests on the arrester housing – see 13.8.2.
5) Short-circuit tests – see 13.8.7.
6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
7) Artificial pollution tests of Annex F – does not apply.
9) Bending moment test – does not apply.
10) Environmental test – does not apply.
11) Seal leak rate test – does not apply.

For liquid-immersed arresters, when testing in insulating liquid is required, the liquid shall be that which is used in the protected equipment.

13.8.2 Insulation withstand test on the arrester housing

Subclause 8.2 applies except for the following.

13.8.2.1 General

This subclause replaces 8.2.1.

The voltage withstand tests demonstrate the voltage withstand capability of the external insulation of the arrester housing. For other designs the test shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

The tests shall be performed in the conditions and with the test voltages specified in 6.1 and repeated below. The outside surface of insulating parts shall be carefully cleaned and the internal parts removed or rendered inoperative to permit these tests.

The insulation withstand tests for liquid-immersed arresters shall be performed in insulating liquid at room temperature.

13.8.2.5 Wet test procedure

This subclause replaces 8.2.5.

Wet withstand tests under the procedure given in IEC 60060-1 do not apply to liquid-immersed arresters.

13.8.5 Operating duty tests

Subclause 8.5 applies except as follows.

13.8.5.2.1 Test procedure

This subclause replaces 8.5.2.1.

Three resistor samples shall be stressed at a voltage equal to the corrected maximum continuous operating voltage U_{ct} (see below) of the sample for 7 000 h, during which the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the resistor at 115 °C ± 4 K. Test time may be reduced to not less than 2 000 h by agreement between manufacturer and user. This can be accomplished by monitoring the resistor power losses at least once every 100 h period, then extrapolating to 7 000 h using a straight line on a plot of power losses versus the square root of time from the lowest measured value through to the highest measured value.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tous les matériaux (solides ou liquides) en contact direct avec les résistances doivent être présents lors de l'essai de vieillissement, avec une conception identique à celle du parafoudre complet.

Pendant ce vieillissement accéléré, la résistance doit se trouver dans le milieu utilisé dans le parafoudre. Dans ce cas, l'essai doit être effectué sur des résistances séparées dans une enceinte fermée dont le volume est au moins le double de celui de la résistance; la densité du milieu dans l'enceinte ne doit pas être inférieure à celle du milieu dans le parafoudre.

NOTE 1 Le milieu entourant la résistance à l'intérieur du parafoudre peut subir des modifications durant la vie normale du parafoudre en raison de décharges partielles internes. Une éventuelle modification du milieu entourant la résistance peut accroître de façon significative la puissance absorbée en service.

Une procédure d'essai appropriée prenant en compte de telles modifications est à l'étude. Entre-temps, une procédure alternative consiste à réaliser l'essai dans du N_2 ou du SF_6 (pour les parafoudres blindés) avec une concentration d'oxygène faible (moins de 0,1 % en volume). Cela assure que, même en l'absence totale d'oxygène, le parafoudre ne vieillira pas.

Si le constructeur peut prouver que l'essai effectué à l'air libre est équivalent à celui effectué dans le milieu réel, l'essai de vieillissement pourra être effectué à l'air libre. La tension appropriée pour cet essai est la tension maximale de service permanent corrigée (U_{ct}) à laquelle sont soumises les résistances dans le parafoudre, en tenant compte des effets de déséquilibre de tension. Il convient que cette tension soit déterminée par des calculs ou des mesures de répartition de tension.

NOTE 2 Des informations sur les procédures utilisables pour le calcul de la répartition de tension sont données à l'Annexe L.

Pour les parafoudres de longueur H inférieure à 1 m, à l'exception de ceux à enveloppe conductrice et mise à la terre tels les parafoudres blindés, immergés, débrochables et pour prise, la tension peut être déterminée à partir de la formule suivante:

$$U_{ct} = U_c\ (1 + 0{,}15\ H)$$

où H est la longueur totale du parafoudre (m).

L'essai de vieillissement décrit ci-dessus doit être effectué sur trois échantillons types de résistances dont la tension de référence doit répondre aux prescriptions de 7.3. La tension à fréquence industrielle doit correspondre aux prescriptions des essais de fonctionnement (voir 8.5.1).

13.8.5.2.2 Détermination des tensions élevées et de fonctionnement continu

Ce paragraphe remplace 8.5.2.2.

Les trois échantillons en essai doivent être chauffés jusqu'à une température de 115 °C ± 4 K et la puissance absorbée par les résistances P_{1ct} doit être mesurée à la tension U_{ct} 1 h ou 2 h après l'application de la tension. La puissance absorbée par les résistances doit être mesurée une fois dans chaque intervalle de 100 h après la première mesure donnant P_{1ct}. Enfin, la puissance absorbée par les résistances P_{2ct} doit être mesurée après $7\,000\,^{+100}_{0}$ h de vieillissement dans les mêmes conditions. (La durée d'essai peut être réduite mais pas à moins de 2 000 h par accord entre le constructeur et l'utilisateur comme décrit en 13.8.5.2.1). Une mise hors tension intermédiaire accidentelle de l'échantillon en essai est acceptable, à condition qu'elle n'excède pas une durée totale de 24 h pour toute la période d'essai. Cette interruption de l'essai ne doit pas être comptée dans le temps d'essai. Il convient que la mesure finale soit faite après une application de la tension d'une durée au moins égale à 100 h. Dans la gamme de température admise, toutes les mesures doivent être faites à la même température à ±1 K près.

La valeur minimale de la puissance absorbée parmi les valeurs mesurées au moins toutes les 100 h est appelée P_{3ct}. Cela est récapitulé à la Figure 12.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

All material (solid or liquid) in direct contact with the resistors shall be present during the ageing test with the same design as used in the complete arrester.

During this accelerated ageing, the resistor shall be in the surrounding medium used in the arrester. In this case, the procedure shall be carried out on single resistors in a closed chamber where the volume of the chamber is at least twice the volume of the resistor and where the density of the medium in the chamber shall not be less than the density of the medium in the arrester.

NOTE 1 The medium surrounding the resistor within the arrester may be subject to a modification during the normal life of the arrester due to internal partial discharges. Possible change of the medium surrounding the resistor in the field can significantly increase the power losses.

A suitable test procedure taking into account such modifications is under consideration. During this time an alternative procedure consists in performing the test in N_2 or SF_6 (for GIS-arresters) with a low oxygen concentration (less than 0,1 %, in volume). This ensures that even in the total absence of oxygen, the arrester will not age.

If the manufacturer can prove that the test carried out in open air is equivalent to that carried out in the actual medium, the ageing procedure can be carried out in open air. The relevant voltage for this procedure is the corrected maximum continuous operating voltage (U_{ct}), which the resistors support in the arrester including voltage unbalance effects. This voltage should be determined by voltage distribution measurements or computations.

NOTE 2 Information on procedures for voltage distribution calculations are given in Annex L.

For arresters with a length H of less than 1 m, except for arresters with conductive, grounded enclosures such as GIS-arresters, liquid-immersed, dead-front or separable arresters, the voltage may be determined from the following formula:

$$U_{ct} = U_c\,(1 + 0{,}15\,H)$$

where H is the total length of the arrester (m).

The ageing procedure described above shall be carried out on three typical samples of resistor elements with a reference voltage fulfilling the requirements of 7.3. The power-frequency voltage shall fulfil the requirements stated for the operating duty test (see 8.5.1).

13.8.5.2.2 Determination of elevated rated and continuous operating voltages

This subclause replaces 8.5.2.2.

The three test samples shall be heated to 115 °C ± 4 K and the resistor power losses P_{1ct} shall be measured at a voltage of U_{ct} 1 h to 2 h after the voltage application. The resistor power losses shall be measured once in every 100 h time span after the first measurement giving P_{1ct}. Finally, the resistor power losses P_{2ct} shall be measured after $7\,000\,^{+100}_{0}$ h of ageing under the same conditions. (Test time may be reduced to not less than 2 000 h by agreement between manufacturer and user as described in 13.8.5.2.1.) Accidental intermediate de-energizing of the test samples, not exceeding a total duration of 24 h during the test period, is permissible. The interruption will not be counted in the duration of the test. The final measurement should be performed after not less than 100 h of continuous energizing. Within the temperature range allowed, all measurements shall be made at the same temperature ±1 K.

The minimum power losses value among those measured at least every 100 h time span shall be called P_{3ct}. This is summarized in Figure 12.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

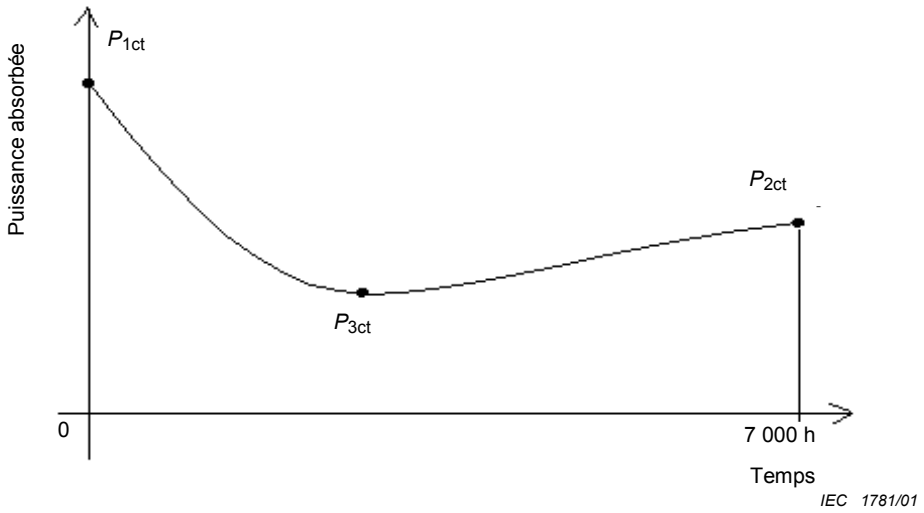


Figure 12 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps

- Si P_{2ct} est inférieure ou égale à 1,1 fois P_{3ct}, les essais décrits en 8.5.4.2 et 8.5.5.2 doivent être réalisés sur des résistances neuves
  - si P_{2ct} est inférieure ou égale à P_{1ct}, U_{sc} et U_{sr} sont utilisées sans majoration;
  - si P_{2ct} est supérieure à P_{1ct}, le rapport P_{2ct}/P_{1ct} est déterminé pour chaque échantillon. Le plus élevé de ces rapports est appelé K_{ct}. On mesure ensuite sur trois résistances neuves, à température ambiante, les puissances absorbées P_{1c} et P_{1r} respectivement à U_{sc} et U_{sr}. Puis on élève les tensions de façon que les puissances correspondantes P_{2c} et P_{2r} obéissent à la relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct};\ \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

  Les valeurs majorées U_c* et U_r* sont respectivement les plus élevées parmi les trois valeurs des tensions ainsi obtenues. Alternativement, des résistances vieillies peuvent aussi être utilisées après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

- Si P_{2ct} est supérieure à 1,1 fois P_{3ct} et si P_{2ct} est supérieure ou égale à P_{1ct}, les essais décrits en 8.5.4.2 et 8.5.5.2 doivent être effectués sur des résistances vieillies. Des résistances neuves avec valeurs majorées U_c* et U_r* peuvent être utilisées, mais seulement après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les résistances vieillies sont, par définition, des résistances essayées selon 8.5.2.1.

Le Tableau 7 résume ces cas.

Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées

Puissances absorbées mesurées	Echantillons et tensions d'essai pour les essais de fonctionnement
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} > P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc}* et U_{sr}*
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} < P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr} (ou échantillons neufs à U_{sc}* et U_{sr}* après accord entre l'utilisateur et le constructeur)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

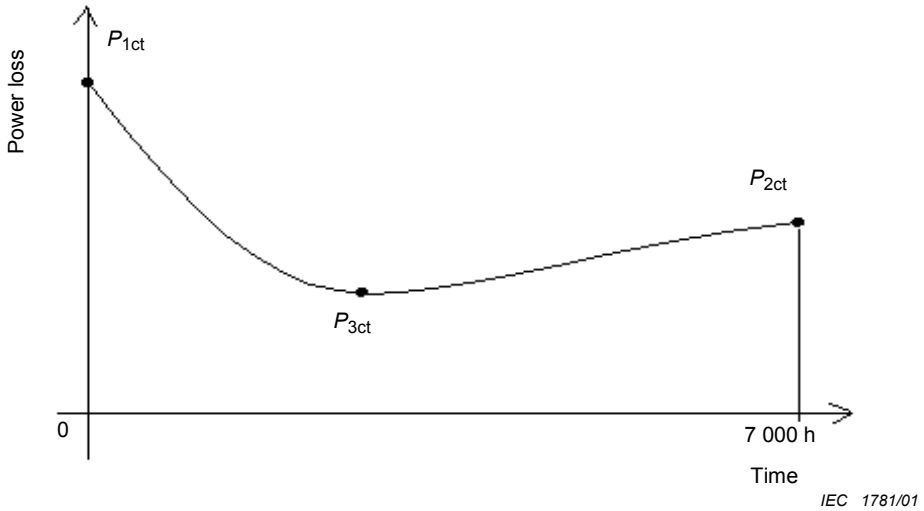


Figure 12 – Power losses of arrester at elevated temperatures versus time

- If P_{2ct} is equal to, or below, 1,1 times P_{3ct}, then the test according to 8.5.4.2 and 8.5.5.2 shall be performed on new resistors

– if P_{2ct} is equal to, or less than, $P_{1ct,}$ U_{sc} and U_{sr} are used without any modification;

– if P_{2ct} is greater than $P_{1ct,}$ the ratio P_{2ct}/P_{1ct} is determined for each sample. The highest of these three ratios is called K_{ct}. On three new resistors at ambient temperature, the power losses P_{1c} and P_{1r} are measured at U_{sc} and U_{sr} respectively. Thereafter, the voltages are increased so that the corresponding power losses P_{2c} and P_{2r} fill the relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}\,;\ \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c* and U_r* are the highest of the three increased voltages obtained. As an alternative, aged resistors may also be used after agreement between the user and the manufacturer.

- If P_{2ct} is greater than 1,1 times $P_{3ct,}$ and P_{2ct} is greater than, or equal to, P_{1ct} then aged resistors shall be used for the following tests of 8.5.4.2 and 8.5.5.2. New resistors with corrected values U_c* and U_r* can be used, but only after agreement between the user and the manufacturer.

Aged resistors are, by definition, resistors tested according to 8.5.2.1.

Table 7 summarizes these cases.

Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages

Power losses measured	Test samples and test voltage for the operating duty test
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	New samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} > P_{1ct}$	New samples at U_{sc}* and U_{sr}*
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} < P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} > 1{,}1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr} (or new samples at U_{sc}* and U_{sr}* after agreement between the user and the manufacturer)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Quand des résistances vieillies sont utilisées pour les essais de fonctionnement, il est recommandé que l'intervalle de temps entre l'essai de vieillissement et les essais de fonctionnement soit inférieur à 24 h.

Il convient que la durée des mesures soit suffisamment courte pour éviter une augmentation de la puissance absorbée en raison de l'échauffement.

13.8.5.4.2 Application des chocs

Ce paragraphe remplace 8.5.4.2.

Au début de l'essai de fonctionnement, le parafoudre doit être immergé dans un liquide isolant à 120 °C ± 15 K.

On soumet la fraction à deux chocs de courant de grande amplitude dont la valeur de crête et la forme d'onde sont spécifiées dans le Tableau 8. On soumet les parafoudres pour courants de foudre élevés spécifiés dans l'Annexe C à trois chocs 30/80 dont la valeur de crête est 40 kA.

Tableau 8 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude

Classification des parafoudres	Courant de crête 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE Selon les conditions de service, on pourra adopter pour le courant de crête des valeurs différentes (inférieures ou supérieures).	

Si, en raison d'une pollution élevée ou de conditions de service anormales, une température plus élevée est jugée nécessaire, la valeur plus élevée doit être utilisée pour l'essai à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai pour les courants de choc doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre les limites suivantes:

a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;

b) durée conventionnelle du front comprise entre 3,5 μs et 4,5 μs;

c) durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue comprise entre 9 μs et 11 μs;

d) la valeur de crête de toute onde de courant de la polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;

e) on admet la présence sur l'onde de petites oscillations à condition que leur amplitude au voisinage de la crête du choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, pour les besoins des mesures, on établit une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

L'essai de conditionnement et les chocs de courant de grande amplitude qui le suivent doivent être appliqués avec la même polarité.

Un circuit type pouvant être utilisé pour cet essai est décrit dans l'Annexe H.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Where aged resistors are used in the operating duty test, it is recommended that the time delay between the ageing test and the operating duty test be not more than 24 h.

The measuring time should be short enough to avoid increased power loss due to heating.

13.8.5.4.2 Application of impulses

This subclause replaces 8.5.4.2.

At the beginning of the operating duty test the arrester shall be immersed in insulating liquid at 120 °C ± 15 K.

The section is subjected to two high current impulses with peak value and impulse shape as specified in Table 8. High lightning duty arresters specified in Annex C are subjected to three 30/80 impulses with a peak value of 40 kA.

Table 8 – Requirements for high current impulses

Arrester classification	**Peak current 4/10** kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10
NOTE According to service conditions other values (lower or higher) may be adopted for the peak current.	

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value is used for the test if agreed to between manufacturer and purchaser.

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

a) from 90 % to 110 % of the specified peak value;

b) from 3,5 μs to 4,5 μs for virtual front time;

c) from 9 μs to 11 μs for virtual time to half-value on the tail;

d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;

e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The conditioning test and the following high current impulses shall be applied at the same polarity.

Annex H describes a typical test circuit which may be used.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Dès que possible après le dernier choc de courant de grande amplitude et avant que 100 ms ne se soient écoulées, on applique une tension à fréquence industrielle égale aux valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) (voir 8.5.2) pendant une durée de 10 s et de 30 min respectivement, pour mettre en évidence la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de grande amplitude est appliqué de préférence pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. Le délai de 100 ms est admis en considérant les limitations pratiques du circuit d'essai.

On doit enregistrer le courant à chaque choc et les différents enregistrements de courant effectués sur un même échantillon ne doivent mettre en évidence aucune variation indiquant une perforation ou un contournement de l'échantillon.

Le courant à la valeur majorée de la tension de régime permanent (U_c^*) doit être enregistré de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique (voir 8.5.6).

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début des essais.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

13.8.7 Essais de court-circuit

Un parafoudre pour lequel une tension assignée de court-circuit est demandée par le constructeur doit être soumis à un essai de court-circuit conformément à 8.7 pour montrer que le parafoudre ne connaîtra pas de défaillance telle qu'elle occasionne de violentes vibrations de l'enveloppe. Les modifications de 8.7 qui sont applicables aux parafoudres immergés sont celles qui suivent.

13.8.7.1 Généralités

Ce paragraphe remplace 8.7.1.

Il convient que les parafoudres pour lesquels le constructeur déclare une tenue au court-circuit soient essayés conformément à cette annexe. Le but des essais est de montrer qu'une défaillance du parafoudre n'est pas susceptible d'en provoquer la rupture explosive.

Chaque conception de parafoudres est testée à deux groupes de valeurs du courant de court-circuit:

– les courants de court-circuit de forte amplitude, comprenant le courant assigné de court-circuit et deux courants réduits de court-circuit;
– le courant de court-circuit de faible amplitude.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

As soon as possible but not later than 100 ms after the last high current impulse a power-frequency voltage equal to the elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*) (see 8.5.2) shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE To reproduce actual system conditions the second high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitations in the test circuit.

The current shall be recorded in each impulse and the current records from the same sample should show no difference that indicates puncture or flashover of the sample.

The current at the elevated continuous operating voltage (U_c^*) shall be registered continuously during the power-frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power-frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway (see 8.5.6).

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the change in residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 % and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

13.8.7 Short-circuit tests

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall be subjected to a short-circuit test according to 8.7 to show that the arrester will not fail in a manner that causes violent shattering of the housing. Modifications to 8.7 that are applicable to liquid-immersed arresters are as follows.

13.8.7.1 General

This subclause replaces 8.7.1.

Arresters, for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer, should be tested in accordance with this annex. The test is conducted to show that an arrester failure is not likely to cause an explosive failure.

Each arrester design is tested with two groups of short-circuit currents:

– high short-circuit current values consisting of the rated short-circuit current and two reduced short-circuit currents;

– low short-circuit current.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE D'un point de vue conception, il existe deux principaux types de parafoudres différant par leur comportement aux courants de court-circuit.

Un premier type de parafoudres utilise la surpression interne qui est générée par l'arc interne dû au court-circuit des résistances du parafoudre. Cette surpression est créée par l'échauffement d'un volume fermé de gaz ou de liquide qui se dilate et provoque ainsi l'éclatement ou l'ouverture d'un limiteur de pression (dans ce cas, les essais sont parfois appelés «essais du limiteur de pression»). L'enveloppe du parafoudre n'est pas censée se rompre avant la relaxation de la surpression.

Un autre type de parafoudres, habituellement de nature compacte et sans aucun volume interne de gaz ou de liquide, ne possède pas de limiteur de pression. Le comportement aux courants de court-circuit dépend alors de la façon dont l'arc parvient à brûler ou à déchirer l'enveloppe du parafoudre.

Si le parafoudre est équipé d'un dispositif se substituant à un limiteur de pression conventionnel, il convient que ce dispositif soit utilisé pour les essais.

Pour les essais de court-circuit aux courants assignés et réduits, les méthodes de préparation des échantillons d'essai dépendent de la conception du parafoudre. Dans le cas d'un parafoudre équipé d'un limiteur de pression, les résistances sont court-circuitées par un fil fusible externe. Dans le cas d'un parafoudre sans limiteur de pression, les résistances peuvent être soit pré-dégradées par l'application d'une surtension, soit court-circuitées par un fil fusible interne placé dans un trou agencé à cet effet.

Pour l'essai de court-circuit au courant de faible amplitude, les résistances sont prédégradées par l'application d'une surtension.

Il est recommandé que la fréquence de la source délivrant les courants de court-circuit ne soit pas inférieure à 48 Hz ni supérieure à 62 Hz.

Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, des cycles de réenclenchement peuvent être appliqués en utilisant une procédure et des critères d'essais mutuellement acceptés.

Les parafoudres immergés peuvent être soit du type «défaillance en circuit ouvert», soit du type «défaillance en court-circuit». Il est reconnu que la défaillance d'un parafoudre du type «défaillance en circuit ouvert» ne se soldera pas toujours par un circuit ouvert pour des courants de défaut inférieurs à la valeur de son courant assigné de défaillance en circuit ouvert. Il est également reconnu que la défaillance d'un parafoudre du type «défaillance en court-circuit» ne se soldera pas toujours par un court-circuit pour des courants de défaut supérieurs à la valeur de son courant assigné de défaillance en court-circuit.

NOTE Le mode «défaillance en circuit ouvert» n'implique pas que le parafoudre coupera le circuit. La défaillance d'un parafoudre initie un courant de court-circuit qu'il faut couper par un dispositif de protection contre les surintensités. Après élimination du défaut par d'autres appareils, un parafoudre défaillant du type «défaillance en circuit ouvert» permet la remise sous tension de l'équipement protégé, évidemment sans protection contre les surtensions.

Les essais doivent être effectués sur trois échantillons de parafoudres complets de tension assignée la plus faible et trois échantillons de la tension assignée plus élevée, pour chaque type et chaque construction pour lesquels une valeur de courant assigné de défaillance en circuit ouvert ou en court-circuit est déclarée. On doit considérer que ces essais couvrent les parafoudres de tensions assignées intermédiaires qui sont du même type et de la même conception.

Pour les parafoudres du type «défaillance en circuit ouvert», tous les échantillons sont testés à la plus faible valeur annoncée pour le courant assigné de «défaillance en circuit ouvert». Aucun échantillon n'est testé au courant de court-circuit de faible amplitude qui pourrait être inférieur au courant assigné de défaillance en circuit ouvert.

Pour les parafoudres à courant de défaut, un échantillon doit être testé à chacun des trois niveaux de courant conformément à 8.7.4. Le niveau de court-circuit nominal peut être différent de celui figurant au Tableau 15 et doit être sélectionné par le constructeur. Les deux niveaux réduits de court-circuit doivent être sélectionnés dans le Tableau 15. Un échantillon additionnel doit être testé conformément à 8.7.5

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

NOTE Surge arresters may be of two principal designs with respect to short-circuit behaviour.

One design of surge arresters makes use of the internal overpressure, which is built up due to the internal arc coming from the short circuit of the arrester elements. The overpressure is created by heating an enclosed volume of gas or liquid, which expands, leading to bursting or flipping of a pressure-relief device (in this case, the tests are sometimes called "pressure-relief tests"). The arrester housing is not intended to break before the overpressure is relieved.

Another design, usually of a compact type with no enclosed volume of gas or liquid, does not have any pressure-relief device. The short-circuit performance of this design depends on the arc directly burning through or tearing the housing.

If the arrester is equipped with an arrangement other than a conventional pressure relief device, this arrangement should be included in the test.

For the rated and reduced short-circuit current, the methods of test sample preparation depend upon the arrester construction. For an arrester fitted with a pressure relief device, the active resistors are externally bypassed by a fuse wire. For an arrester without a pressure relief device, the active resistors may be pre-failed by overvoltage or may be bypassed with an internal fuse wire installed in a drilled hole through the resistors.

For the low-current short-circuit test, active resistors are pre-failed by overvoltage.

The frequency of the short-circuit current test supply should be not less than 48 Hz and not greater than 62 Hz.

Upon agreement between the manufacturer and the user reclosing cycles tests may be performed using a mutually agreed upon test procedure and test criteria.

Liquid-immersed arresters may be designed as either “fail-open” or “fail-short”. It is recognized that a fail-open design arrester will not always fail in an open-circuit mode for fault currents below its fail-open rating, and that a fail-short design arrester will not always fail in a short-circuit mode for available fault currents above its fail-short rating.

NOTE “Fail-open” does not imply that the arrester will interrupt the circuit. All arrester failures initiate short-circuit current which must be interrupted by an overcurrent protective device. After other devices clear the fault, the fail-open arrester allows re-energization of the protected equipment with, of course, no overvoltage protection.

The tests shall be run on each of three of the lowest and highest voltage ratings of a complete single arrester unit for each type and design for which a fail-open or fail-short current rating is claimed. These tests shall be considered to substantiate conformance to this standard for intermediate voltage ratings of the same type and design.

For fail-open design arresters, all specimens are tested at the lowest claimed fail-open current level. No samples are tested at the “low short-circuit current” level which may be below the fail-open current rating.

For fail-short design arresters, one sample shall be tested at each of the three current levels according to 8.7.4. The nominal short-circuit level may be different from that listed in Table 15 and shall be selected by the manufacturer. The two reduced short-circuit current levels shall be selected from Table 15. One additional sample shall be tested according to 8.7.5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

13.8.7.3 Montage de l'échantillon en essai

Ce paragraphe remplace 8.7.3.

Les échantillons en essai doivent être montés dans la position correspondant à celle prévue en service. Le parafoudre doit être immergé dans le liquide isolant dans un conteneur suffisamment large pour ne pas influencer le comportement de l'arc.

Dans le cas de parafoudres non montés sur embase (parafoudres montés sur poteau par exemple), il est recommandé que l'échantillon en essai soit installé sur un poteau non métallique en utilisant les consoles de montage et les dispositifs normalement utilisés pour leur installation en service. Dans cet essai, il est recommandé de considérer la console de montage comme faisant partie de l'embase du parafoudre. Dans le cas où cette configuration diffère des instructions du constructeur, il convient de monter le parafoudre conformément aux recommandations d'installation du constructeur. Il est recommandé que la totalité du conducteur entre l'embase et le capteur de courant soit isolée à au moins 1 000 V. Il convient que l'extrémité supérieure de l'échantillon en essai soit équipée de l'embase du parafoudre de ce type ou d'un capot haut.

Pour les parafoudres montés sur socle, il convient que l'embase de l'échantillon en essai soit montée sur un support isolant de même hauteur qu'une enceinte circulaire ou carrée. Il est recommandé que l'enceinte et le support isolant soient placés au sommet d'une plate-forme isolante, comme indiqué aux Figures 14a et 14b. Pour les parafoudres non montés sur socle, les mêmes exigences s'appliquent à la partie inférieure du parafoudre. Il est recommandé que la distance d'arc entre l'extrémité supérieure du capot haut et tout autre objet métallique (relié à la terre ou non), à l'exception du socle du parafoudre, soit d'au moins 1,6 fois la hauteur du parafoudre échantillon, sans être inférieure à 0,9 m. Il convient que l'enceinte circulaire soit réalisée en matériau non métallique, sauf pour les petites pièces métalliques telles que vis et clous utilisés pour sa fabrication et celle de la plate-forme, et qu'elle soit placée de façon symétrique par rapport à l'axe de l'échantillon en essai. Il est recommandé que la hauteur de l'enceinte soit de 40 cm ± 10 cm et que son diamètre (ou son côté lorsqu'il s'agit d'une enceinte carrée) soit égal à la valeur maximale entre 1,8 m et le diamètre de l'échantillon en essai plus deux fois sa hauteur. Il convient qu'en aucun cas cette enceinte ne s'ouvre ou bouge pendant l'essai.

Il est recommandé que les échantillons en essai soient montés en position verticale, sauf accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE Il faut que le montage du parafoudre pour l'essai de court-circuit et, plus spécifiquement, la disposition des conducteurs représentent les conditions les plus défavorables en service. La disposition présentée à la Figure 14a est la plus défavorable durant la phase initiale de l'essai avant relaxation de la surpression.

Toutefois, pendant la durée d'arc restant, cette disposition oblige l'arc à s'éloigner du parafoudre, réduisant ainsi le risque que le parafoudre ne s'enflamme. La phase initiale et le risque de feu sont des contraintes significatives, tout particulièrement pour les parafoudres à enveloppe synthétique. Pour les parafoudres sans limiteur de pression, il est donc proposé en alternative que le conducteur de terre soit dirigé vers la droite comme cela est indiqué à la Figure 14b. De cette façon, l'arc demeurera à proximité du parafoudre durant toute la durée du court-circuit, créant ainsi les conditions les plus défavorables en termes de risque de feu.

13.8.7.4 Evaluation des résultats d'essais

Ce paragraphe remplace 8.7.6.

La conformité des échantillons en essai à la présente norme doit être établie de la manière suivante:

a) d'après les enregistrements oscillographiques portant sur l'amplitude et la durée du passage de courant au cours des essais;

b) d'après les résultats de l'essai de tenue en tension suivant qui peut être effectué à tout moment après le court-circuit. Les échantillons doivent être alimentés sous la tension U_c par un circuit qui limite le courant à une valeur connue pendant 1 min au cours de laquelle

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

13.8.7.3 Mounting of the test samples

This subclause replaces 8.7.3.

The test samples shall be mounted in the position intended to be used when mounted in service. The arrester shall be immersed in insulating liquid in a container sufficiently large that it does not become involved in arcing activity.

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

For base-mounted arresters, the bottom end fitting of the test sample should be mounted on an insulating support that is the same height as a surrounding circular or square enclosure. The insulating support and the enclosure should be placed on top of an insulating platform, as shown in Figures 14a and 14b. For non-base-mounted arresters, the same requirements apply to the bottom of the arrester. The arcing distance between the top end cap and any other metallic object (floating or grounded), except for the base of the arrester, should be at least 1,6 times the height of the sample arrester, but not less than 0,9 m. The enclosure should be made of non-metallic material, except for small metal such as nails or screws used to fabricate the enclosure and platform, and be positioned symmetrically with respect to the axis of the test sample. The height of the enclosure should be 40 cm ± 10 cm, and its diameter (or side, in case of a square enclosure) should be equal to the greater of 1,8 m or the diameter of the test sample plus twice the test sample height. The enclosure should not be permitted to open or move during the test.

Test samples should be mounted vertically unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the user.

NOTE The mounting of the arrester during the short-circuit test and, more specifically, the routing of the conductors must represent the most unfavourable condition in the field. The routing shown in Figure 14a is the most unfavourable during the initial phase of the test before venting occurs.

However, during the remaining arcing time, this routing forces the arc to move away from the arrester, thus reducing the risk of the arrester catching fire. Both the initial phase of the test and the risk of fire are significant, especially for arresters where the external part of the housing is made of polymeric material. For arresters without a pressure-relief device, it is therefore proposed, as an alternative, that the ground conductor should be directed to the right, as described in Figure 14b. In this way, the arc will stay close to the arrester during the entire duration of the short-circuit current, thus creating the most unfavourable conditions with regard to fire hazard.

13.8.7.4 Evaluation of test results

This subclause replaces 8.7.6.

The conformance of the test specimens with this standard shall be judged by the following:

a) from the oscillographic recordings showing test current amplitude and duration;

b) from the results of the following voltage withstand test made at any time after the short-circuit event. The specimen shall be energized at U_c in a circuit with limited, but known, available current for a period of 1 min during which time

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

1) soit aucun passage de courant important n'est constaté dans le cas d'un parafoudre du type «défaillance en circuit ouvert»;
2) soit le passage d'un courant important est constaté dans le cas d'un parafoudre du type «défaillance en court-circuit»;

c) d'après l'aspect physique des échantillons après essais.

Tous les échantillons testés doivent satisfaire à ces exigences.

13.8.7.5 Essais de court-circuit à courants de forte amplitude

Ce paragraphe remplace 8.7.4.

Il est recommandé qu'un échantillon soit testé au courant de court-circuit de tension assignée choisi dans le Tableau 15. Il convient qu'un deuxième et un troisième échantillon soient chacun testés à l'un des deux courants de court-circuit réduits correspondant à la tension de court-circuit assignée. Il convient que chacun des trois échantillons soit préparé conformément à 8.7.2 et monté conformément à 8.7.3.

Il est recommandé que les essais soient effectués en circuit d'essai monophasé avec une tension d'essai en circuit ouvert de 107 % à 77 % de la tension assignée du parafoudre échantillon d'essai, tel que souligné en 8.7.4.1. Toutefois, il est probable que des essais sur parafoudres haute tension auront à être effectués dans un laboratoire d'essai qui ne dispose pas de la capacité suffisante de puissance en court-circuit pour effectuer ces essais à 77 % ou plus de la tension assignée de l'échantillon d'essai. Conformément à cela une procédure alternative pour effectuer les essais courants de court-circuit à une tension réduite est fournie en 8.7.4.2. Il convient que la durée totale mesurée du courant d'essai circulant dans le circuit soit égale ou supérieure à 0,2 s.

Pour les parafoudres du type «défaillance en circuit ouvert», l'impédance du circuit d'essai doit être ajustée pour qu'un courant au plus égal au courant assigné de défaillance en circuit ouvert circule dans le parafoudre. La valeur du courant assigné de défaillance en circuit ouvert pouvant être déclarée correspond au courant symétrique efficace le plus élevé mesuré pour tous les échantillons au cours des essais.

Pour les parafoudres du type «défaillance en court-circuit», l'impédance du circuit doit être ajustée pour qu'un courant au moins égal au courant assigné de défaillance en court-circuit circule dans le parafoudre. La valeur du courant assigné de défaillance en court-circuit pouvant être déclarée correspond au courant symétrique efficace le plus faible mesuré pour tous les échantillons au cours des essais.

13.9 Essais individuels et essais de réception

L'Article 9 s'applique sans modification.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

1) substantially no current flows in the case of a fail-open design arrester, or
2) substantially full available current flows in the case of a fail-short design arrester;

c) from the physical appearance of the specimens after the test.

All tested specimens shall meet these requirements.

13.8.7.5 High current short-circuit tests

This subclause replaces 8.7.4.

One sample should be tested at a rated short-circuit current selected from Table 15. Second and third samples should be tested, one at each of the two reduced short-circuit currents corresponding to the selected rated short-circuit current. All three samples should be prepared according to 8.7.2 and mounted according to 8.7.3.

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

For fail-open design arresters, the impedance of the test circuit shall be adjusted to produce not more than the fail-open current rating of the arrester through the specimen. The fail-open rating which can be claimed is the highest measured r.m.s. symmetrical current which flows in any specimen during the test.

For fail-short design arresters, the impedance of the circuit shall be adjusted to produce not less than the fail-short current rating of the arrester through the specimen. The fail-short rating which can be claimed is the lowest measured r.m.s. symmetrical current which flows through any specimen during the nominal current test.

13.9 Routine tests and acceptance tests

Clause 9 applies without modification.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe A
(normative)

Conditions anormales de service

Les conditions de service anormales suivantes constituent des cas caractéristiques qui peuvent exiger une étude spéciale pour la fabrication ou l'utilisation des parafoudres et doivent être signalées au constructeur.

1) Températures supérieures à +40 °C ou inférieures –40 °C.
2) Utilisation à des altitudes supérieures à 1 000 m.
3) Gaz ou vapeurs pouvant causer la détérioration de la surface isolante ou des supports métalliques.
4) Pollution excessive par la fumée, des dépôts, les embruns ou autres matières conductrices.
5) Exposition excessive au brouillard, à l'humidité, aux gouttes d'eau ou à la vapeur.
6) Lavage du parafoudre sous tension.
7) Mélanges explosifs de poussières, gaz ou fumées.
8) Conditions mécaniques anormales (tremblements de terre, vibrations, vitesses de vent élevées, charges de glace importantes, contraintes de flexion élevées).
9) Conditions anormales de transport ou de stockage.
10) Fréquences nominales inférieures à 48 Hz ou supérieures à 62 Hz.
11) Sources de chaleur à proximité du parafoudre (voir 5.4b).
12) Vitesse du vent > 34 m/s.
13) Montage non vertical et montage suspendu.
14) Tremblement de terre (voir Article M.2)
15) Effort de torsion appliqué au parafoudre
16) Effort de traction appliqué au parafoudre
17) Utilisation du parafoudre comme support mécanique.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex A
(normative)

Abnormal service conditions

The following are typical abnormal service conditions which may require special consideration in the manufacture or application of surge arresters and should be called to the attention of the manufacturer.

1) Temperature in excess of +40 °C or below –40 °C.
2) Application at altitudes higher than 1 000 m.
3) Fumes or vapours which may cause deterioration of insulating surface or mounting hardware.
4) Excessive contamination by smoke, dirt, salt spray or other conducting materials.
5) Excessive exposure to moisture, humidity, dropping water or steam.
6) Live washing of arrester.
7) Explosive mixtures of dust, gases or fumes.
8) Abnormal mechanical conditions (earthquakes, vibrations, high wind velocities, high ice loads, high cantilever stresses).
9) Unusual transportation or storage.
10) Nominal frequencies below 48 Hz and above 62 Hz.
11) Heat sources near the arrester (see 5.4b)).
12) Wind speed > 34 m/s.
13) Non-vertical erection and suspended erection.
14) Earthquake (see Clause M.2)
15) Torsional loading of the arrester
16) Tensile loading of the arrester
17) Use of the arrester as a mechanical support.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe B
(normative)

Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre

On doit effectuer un essai en utilisant la méthode suivante ou une autre méthode ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le constructeur.

Le parafoudre complet, ou l'élément d'un parafoudre à plusieurs éléments contenant le plus de résistances par unité de longueur, est placé en air immobile à une température ambiante de 20 °C ± 15 K. La température ambiante doit être maintenue entre ±3 K. Des thermocouples et/ou des capteurs utilisant par exemple une technique à fibres optiques pour mesurer la température sont fixés aux résistances. Il faut effectuer des mesures sur un nombre suffisant de points pour calculer la température moyenne. Le constructeur peut également choisir de mesurer la température en un seul point situé entre 1/2 et 1/3 de la longueur du parafoudre à partir du sommet, ce qui ajoute une marge de sécurité, justifiant par-là la méthode simplifiée.

On élève ensuite la température des résistances à environ 120 °C par l'application d'une tension à fréquence industrielle dont l'amplitude est supérieure à la tension de référence. Cette température correspond à une valeur moyenne si la température est mesurée sur plusieurs résistances ou à une valeur unique si seul le point situé entre 1/2 et 1/3 est contrôlé. Le temps de montée en température n'est pas critique s'il est approximativement le même que celui utilisé ultérieurement au moment de la montée en température de la fraction en essai; ce temps peut aller de quelques minutes à quelques heures, en fonction de la puissance de la source de tension. Quand la température prédéterminée est atteinte, la source de tension doit être déconnectée et la courbe de refroidissement doit être établie sur une durée au moins égale à 2 h. Si l'on a effectué des mesures en plusieurs points, on trace une courbe de température moyenne.

La fraction en essai est ensuite essayée, comme le parafoudre complet, en air immobile à une température ambiante de 20 °C ± 15 K. La température ambiante doit être maintenue constante dans l'intervalle ±3 K. On doit soumettre ensuite la fraction à la même élévation de température des résistances que le parafoudre complet en appliquant une tension à fréquence industrielle. L'amplitude de la tension est choisie de manière à donner une durée de montée en température approximativement égale à celle utilisée pour le parafoudre complet. On doit déterminer une température moyenne en mesurant la température de plusieurs résistances. En variante la température peut être mesurée sur une résistance située entre 1/2 et 1/3 de la longueur de la fraction à partir du sommet. Quand la fraction a atteint la température prédéterminée, la source de tension doit être déconnectée et la courbe de refroidissement doit être établie sur une durée au moins égale à 2 h.

On doit comparer les courbes de refroidissement du parafoudre complet et de la fraction. On utilise soit les valeurs moyennes, soit les valeurs uniques. Elles doivent être rapportées à la même température ambiante en ajoutant la différence entre les températures ambiantes à la courbe la plus basse.

Pour que l'équivalence thermique soit prouvée, la fraction d'essai doit, à tout moment pendant la période de refroidissement, avoir une température supérieure ou égale à celle du parafoudre complet.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex B
(normative)

Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section

A test according to the following or another procedure agreed on between the purchaser and manufacturer shall be carried out.

The complete arrester or the unit containing most resistors per unit length of a multi-unit arrester is placed in a still air ambient temperature of 20 °C ± 15 K. The ambient temperature shall be held at ±3 K. Thermocouples and/or some sensors, for example, utilizing optical fibre technique to measure temperature are attached to the resistors. A sufficient number of points must be checked to calculate a mean temperature or the manufacturer may choose to measure the temperature at only one point located between 1/2 to 1/3 of the arrester length from the top. The latter will give a conservative result, thus justifying the simplified method.

The resistors shall be heated to a temperature of approximately 120 °C by the application of power-frequency voltage with an amplitude above reference voltage. This temperature should correspond to a mean value if the temperature is measured on several resistors or a single value if only the 1/2 to 1/3 point is checked. The heating time is not critical if approximately the same time is used when later heating the test section. This time may be chosen from minutes to hours depending on the power capacity of the voltage source. When this predetermined temperature is reached, the voltage source shall be disconnected and the cooling time curve shall be determined over a period of not less than 2 h. In the case of several measuring points a mean temperature curve is constructed.

The test section shall thereafter be tested in the same way as the complete arrester in still air ambient temperature in the range of 20 °C ± 15 K. The ambient temperature shall be held at ±3 K. It shall be heated to the same resistor temperature rise above ambient temperature as for the complete arrester by the application of power frequency voltage. The voltage amplitude is chosen to give a heating time approximately the same as for the complete arrester. A mean temperature shall be determined by measuring the temperature of several resistors. Alternatively, the temperature may be measured on one block located between 1/2 to 1/3 of the section from the top. When the section has reached the predetermined temperature, the voltage source shall be disconnected and the cooling time curve shall be determined over a period of not less than 2 h.

The cooling curves for the complete arrester and the section shall be compared. Either the mean or the single values are used. They shall be adjusted to the same ambient temperature by adding the difference in ambient temperatures to the lower curve.

To prove thermal equivalency, the test section shall for all instants during the cooling period have a temperature equal to or higher than the complete arrester.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe C
(normative)

Prescriptions relatives aux parafoudres pour courants de foudre élevés pour la gamme de tension de 1 kV à 52 kV

La présente annexe donne la liste des prescriptions pour les parafoudres 20 000 A destinés à être utilisés dans des zones à courants de foudre élevés pour une tension maximale du réseau dans la gamme de 1 kV à 52 kV.

Les essais prescrits sont mentionnés dans le Tableau C.1.

L'essai de fonctionnement doit être effectué selon 6.9 et 8.5.4, et consiste à soumettre chaque échantillon à trois chocs de courant 30/80 dont la valeur de crête est de 40 kA.

Les intervalles de temps entre les trois chocs de courant doivent être de 50 s à 60 s.

Les tolérances de réglage du matériel doivent être telles que l'on mesure des valeurs de chocs de courant comprises dans les limites suivantes:

a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;

b) durée conventionnelle du front comprise entre 25 μs et 35 μs;

c) durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue comprise entre 70 μs et 90 μs;

d) toute onde de courant de la polarité opposée doit avoir une valeur de crête inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;

e) on admet de petites oscillations sur l'onde à condition que leur amplitude au voisinage de la crête soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, afin de faire des mesures, on doit tracer une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

Le déroulement complet des essais est illustré à la Figure C.1.

NOTE Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le dernier choc de courant de grande amplitude est de préférence appliqué pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^*. On admet les 100 ms compte tenu des limitations pratiques du circuit d'essai.

L'essai spécial de stabilité thermique (voir 9.2.2) doit être effectué conformément à la Figure C.2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex C
(normative)

Requirements for high lightning duty arresters for voltage range 1 kV to 52 kV

This annex describes the requirements on 20 000 A arresters especially applicable for high lightning intensity areas with highest system voltage in the range 1 kV to 52 kV.

Test requirements are specified in Table C.1.

The operating duty test shall be carried out according to 6.9 and 8.5.4 and shall consist of the application to each sample of three 30/80 current impulses with a peak value of 40 kA.

The time intervals between the three current impulses shall be 50 s to 60 s.

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

a) from 90 % to 110 % of the specified peak value;

b) from 25 μs to 35 μs for virtual front time;

c) from 70 μs to 90 μs for virtual time to half-value on the tail;

d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;

e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The complete test sequence is illustrated in Figure C.1.

NOTE To reproduce actual system conditions the last high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^*. The 100 ms are permitted in view of practical limitation in the test circuit.

The thermal stability test (see 9.2.2) shall be carried out according to Figure C.2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau C.1 – Prescriptions relatives aux parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés [a]

1.	Tension assignée U_r (kV_{eff})	$3 \leq U_r \leq 60$
2.	Essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	6.1, 8.2.6 et 8.2.8
3.	Essais de vérification de la tension résiduelle	Tableau K.1 et 6.3
	a) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide	8.3.1
	b) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	8.3.2
	c) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manœuvre	Non spécifié
4.	Essai de tenue au chocs de courant de longue durée	8.4
5.	Essai de fonctionnement	6.9 Annexe D
	a) Essai de fonctionnement en chocs de courant de grande amplitude	8.5.4
	b) Essai de fonctionnement en surtension de manœuvre	Non spécifié
6.	Courbe tension à fréquence industrielle en fonction du temps	6.10
7.	Court-circuit	6.11
8.	Dispositif de déconnexion (pour les parafoudres munis de ces dispositifs)	6.12 et 8.6
9.	Essai des enveloppes sous pollution	Annexe F

[a] Les nombres des lignes 2 à 9 se réfèrent aux articles et aux paragraphes de cette norme.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table C.1 – Test requirements on 20 000 A high lightning duty arresters[a]

1.	Rated voltage U_r (kV_{rms})	$3 \leq U_r \leq 60$
2.	Insulation withstand tests on the arrester housing	6.1, 8.2.6 and 8.2.8
3.	Residual voltage test	Table K.1 and 6.3
	a) Steep current impulse residual voltage test	8.3.1
	b) Lightning impulse residual voltage test	8.3.2
	c) Switching impulse residual voltage test	Not required
4.	Long-duration current impulse withstand test	8.4
5.	Operating duty test	6.9 Annex D
	a) High current impulse operating duty test	8.5.4
	b) Switching surge operating duty test	Not required
6.	Power-frequency voltage-versus-time curve	6.10
7.	Short-cicuit	6.11
8.	Arrester disconnector/fault indicator (when fitted)	6.12 and 8.6
9.	Polluted housing test	Annex F

[a] Numbers in rows 2 to 9 refer to clauses and subclauses in this standard.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

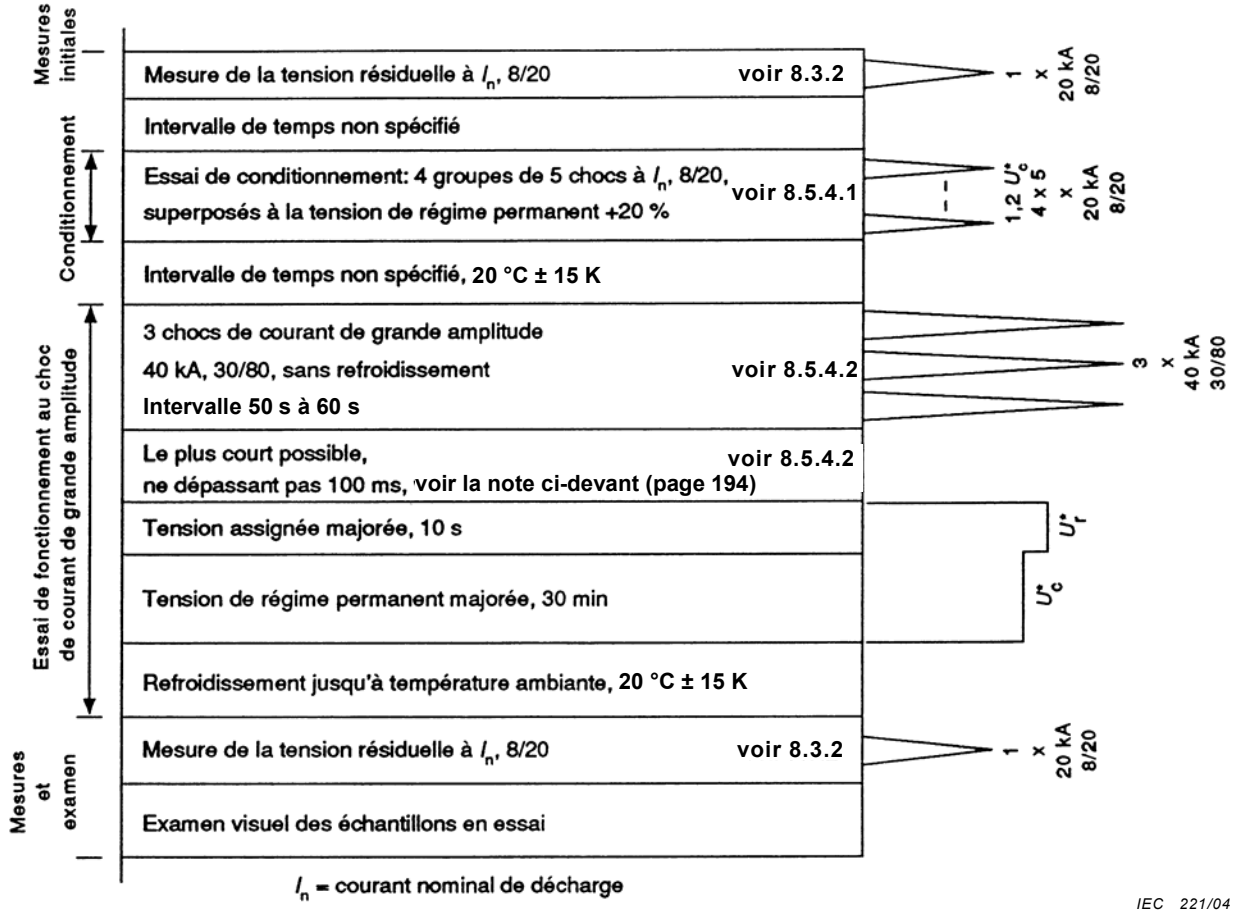


Figure C.1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés

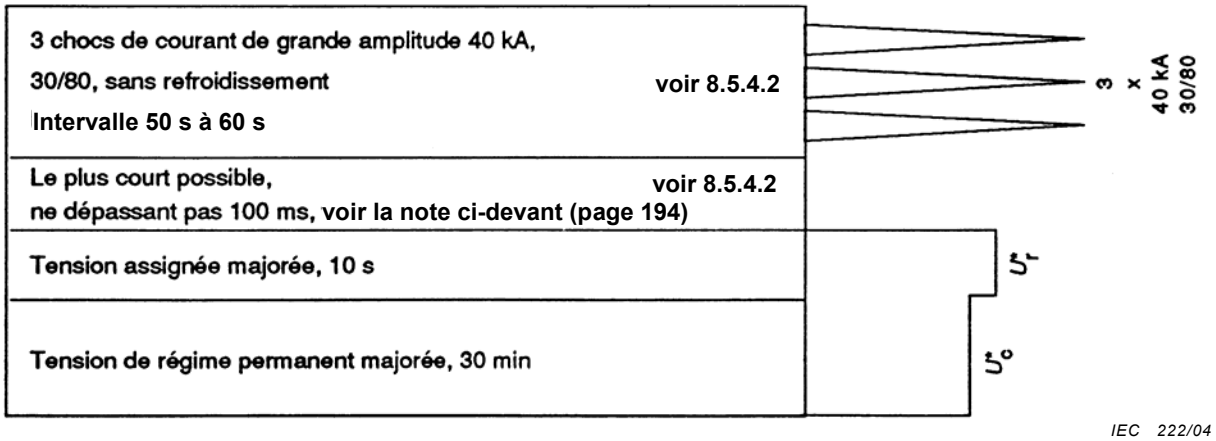


Figure C.2 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés (voir 9.2.2)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

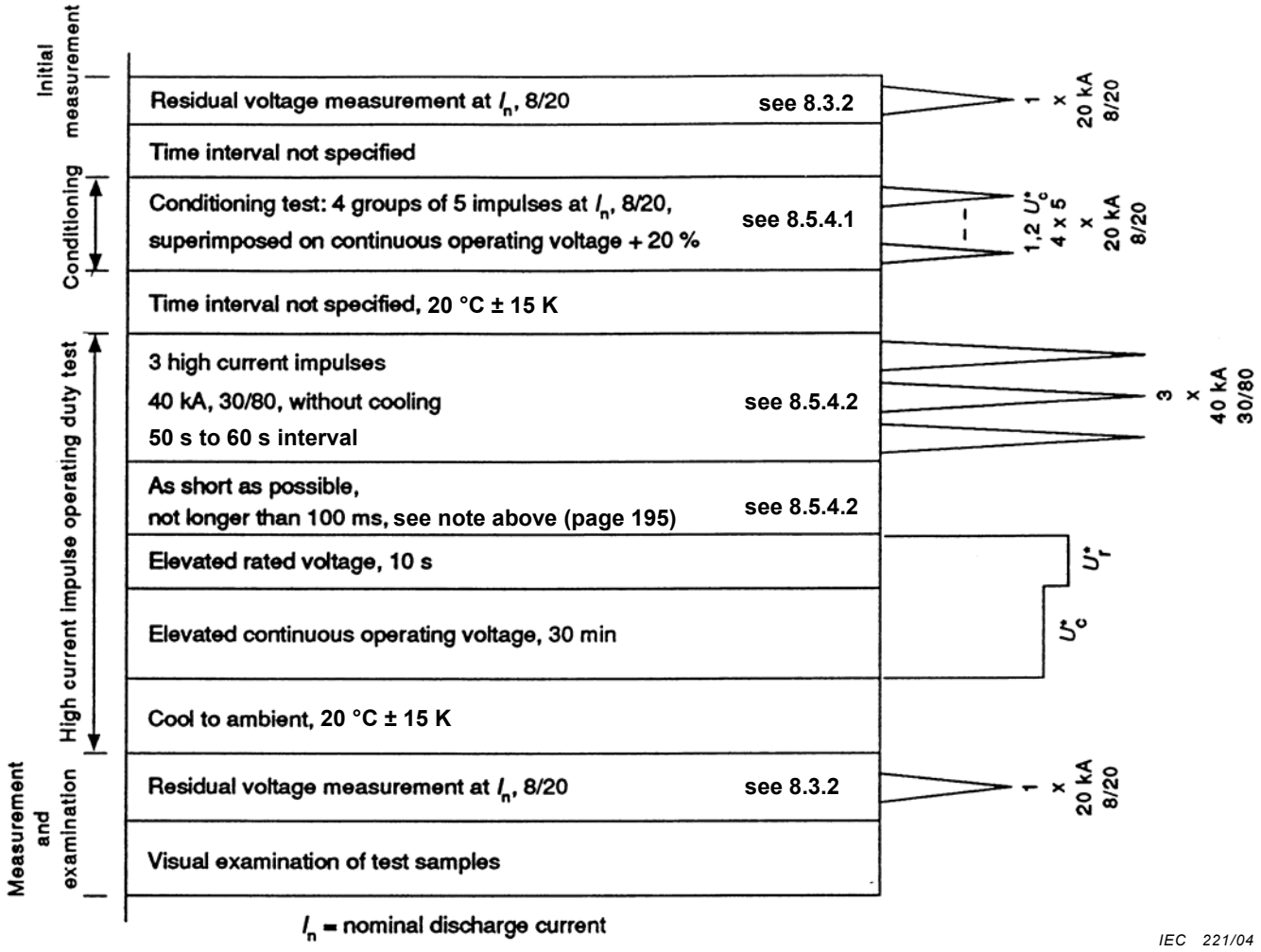


Figure C.1 – Operating duty test on 20 000 A high lightning duty arresters

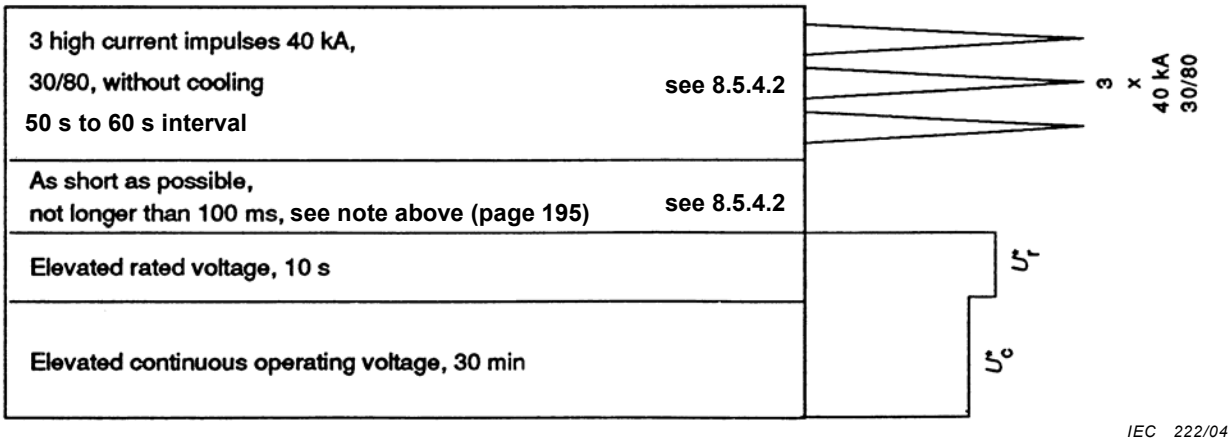


Figure C.2 – Thermal stability test on 20 000 A high lightning duty arresters (see 9.2.2)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe D
(normative)

Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre

Quand il est convenu entre le constructeur et le client de vérifier expérimentalement la courbe de tension à fréquence industrielle en fonction du temps fournie par le constructeur, on doit utiliser la dernière partie de l'essai de fonctionnement spécifié aux Figures 1, 2 et C.1, en fonction de la catégorie du parafoudre, en modifiant le niveau et la durée de la tension à fréquence industrielle appliquée avant l'application de la tension U_C^*. Trois points de la courbe doivent suffire pour la vérification.

Pour les parafoudres de catégorie 10 000 A, classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A, on commence par préchauffer l'échantillon en essai à 60 °C ± 3 K. Ceci est suivi par un choc de courant de grande amplitude qui fournit l'énergie avant l'application de la tension à fréquence industrielle (voir Figure D.1).

Pour les parafoudres pour courants de foudre élevés décrits dans l'Annexe C, on commencera en soumettant l'échantillon, à la température ambiante, à trois applications successives de courants de choc de grande amplitude (voir Figure D.2).

Pour les parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A, classes 4 et 5, l'échantillon est d'abord préchauffé à 60 °C ± 3 K, puis l'on applique deux chocs de courant de longue durée pour fournir l'énergie avant l'application de la tension à fréquence industrielle (voir Figure D.3).

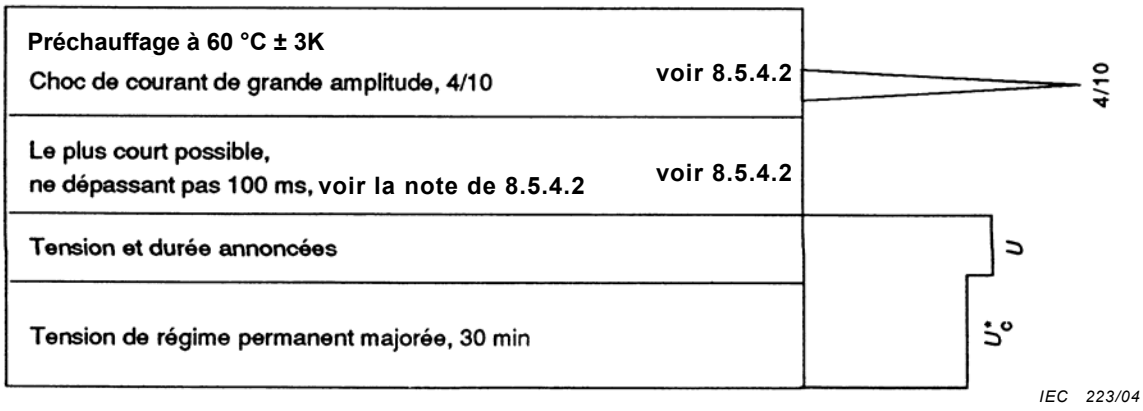


Figure D.1 – Essai des parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne 1, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex D
(normative)

Procedure to verify the power-frequency voltage-versus-time characteristics of an arrester

When the experimental verification of the power-frequency voltage-versus-time curve supplied by the manufacturer is agreed upon by the manufacturer and the purchaser, the last part of the operating duty test specified in Figures 1, 2 or C.1, depending on the category of the arrester, shall be used with modification of the level and duration of the applied power-frequency voltage prior to the U_C^* voltage application. Three points on the curve shall be considered sufficient for verification.

For the arresters categorized as 10 000 A line discharge class 1 and 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A, the procedure starts with preheating the test sample to 60 °C ± 3 K. It is followed by one high current impulse which gives the energy prior to the power-frequency voltage application (see Figure D.1).

For high lightning duty arresters (Annex C), the procedure starts with the three successive applications of high current impulse on the sample at ambient temperature (see Figure D.2).

For 10 000 A arresters with line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters with Classes 4 and 5, the sample is preheated to 60 °C ± 3 K and two shots of long-duration current impulses are applied to give the energy prior to the power-frequency voltage application (see Figure D.3).

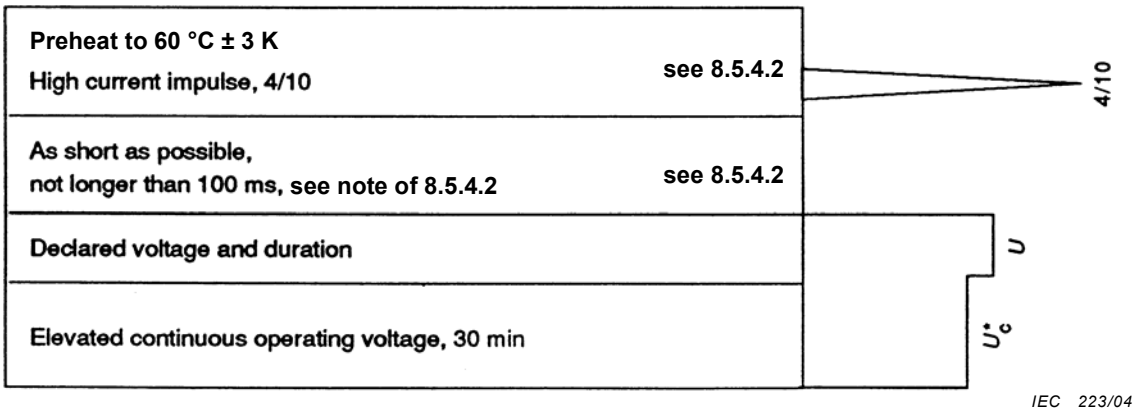


Figure D.1 –Test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

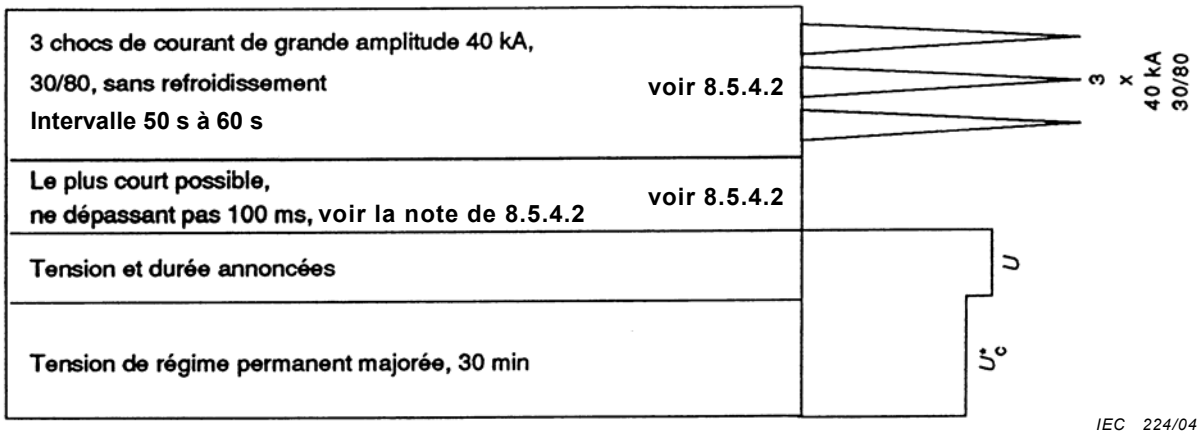


Figure D.2 – Essai des parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés

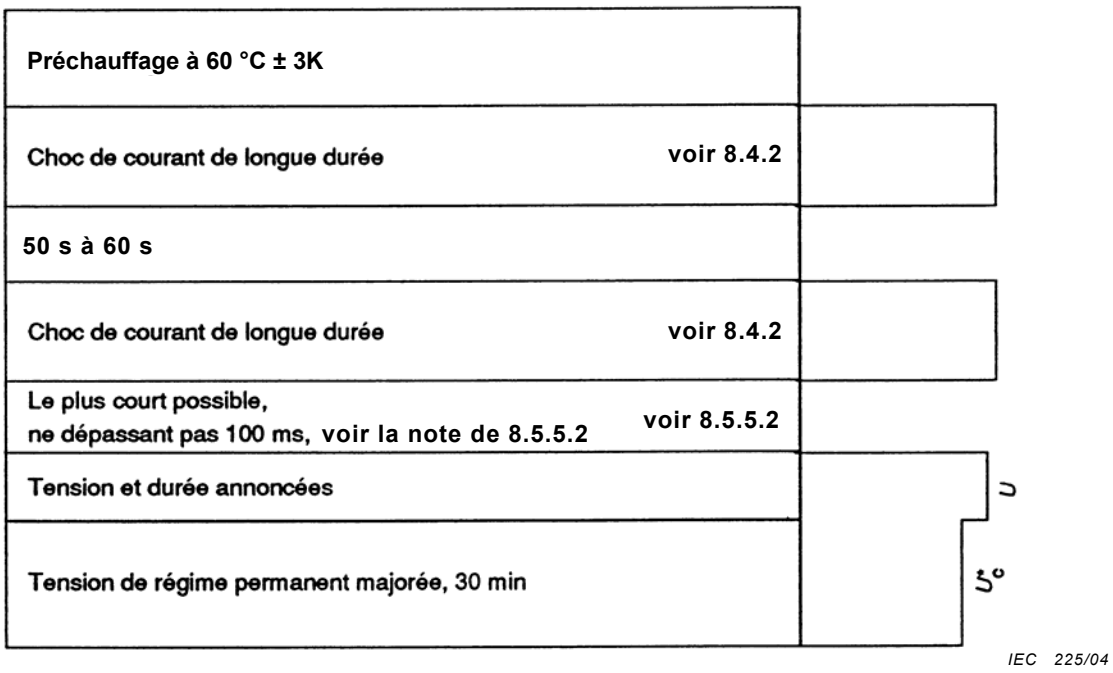


Figure D.3 – Essai des parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

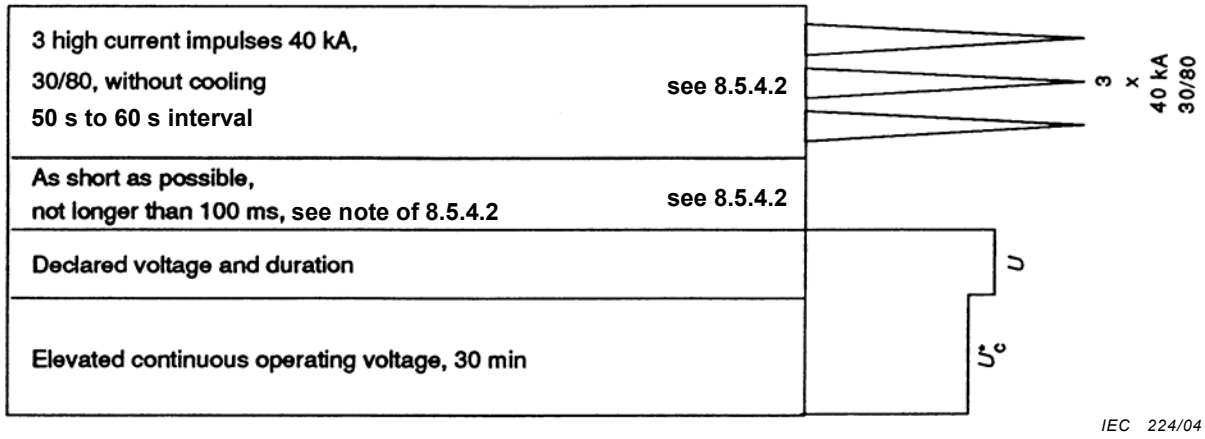


Figure D.2 – Test on 20 000 A high lightning duty arresters

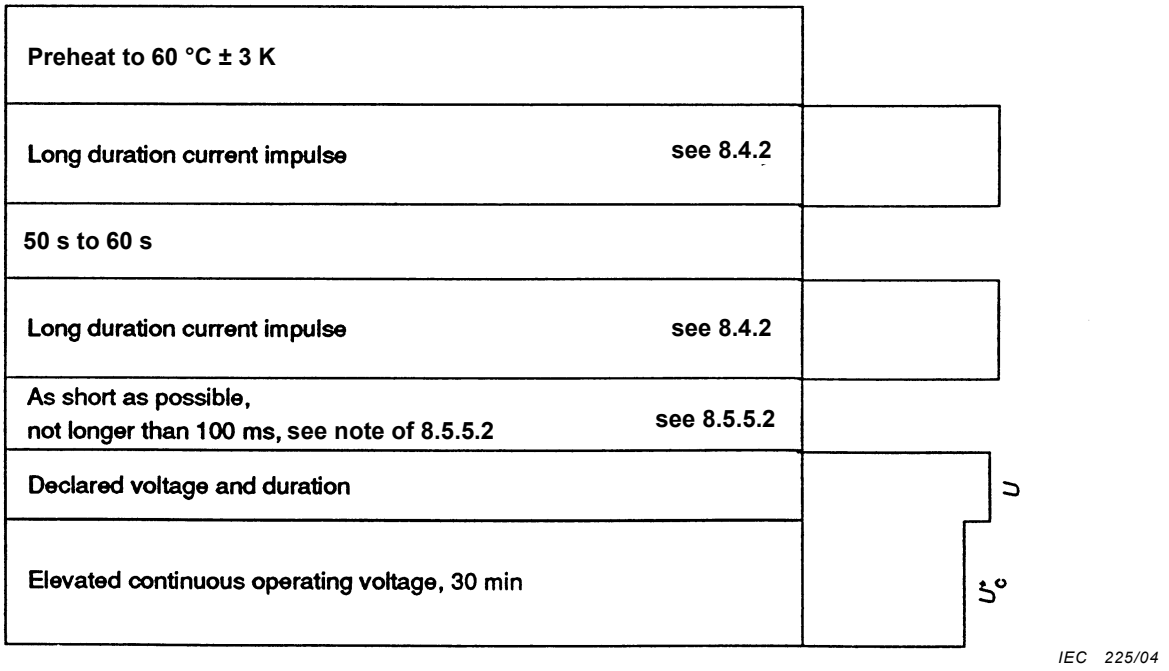


Figure D.3 – Test on 10 000 A arresters, line discharge Classes 2 and 3 and 20 000 A arresters, line discharge Classes 4 and 5

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe E
(informative)

Guide pour le choix de la classe de décharge de ligne

Les paramètres pour l'essai de décharge de ligne indiqués au Tableau 5 ont été spécifiés en vue d'obtenir, pour un rapport donné entre la tension résiduelle aux chocs de manœuvre et la tension assignée, des valeurs d'énergie croissantes avec les classes de décharge de ligne. Toutefois, l'énergie créée dans le parafoudre lors de l'essai dépend fortement de la tension résiduelle réelle aux chocs de manœuvre des varistances en essai. Cette énergie peut être déterminée avec suffisamment d'exactitude à partir de l'équation suivante:

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r}\left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r}\right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \qquad \text{(E.1)}$$

où

U_r est la tension assignée (valeur efficace);

U_L est la tension de charge du générateur;

W' est l'énergie spécifique égale à l'énergie divisée par la tension assignée;

U_{res} est la tension résiduelle au choc de courant de manœuvre (voir 7.3.3);

Z est l'impédance d'onde de la ligne;

T est la durée conventionnelle de la crête du courant.

La relation de dépendance entre l'énergie spécifique et la tension résiduelle aux chocs de manœuvre est indiquée à la Figure E.1.

Le choix de la classe de décharge de ligne est fait selon la méthode suivante.

a) Détermination de l'énergie créée dans le parafoudre à oxyde métallique en service, en tenant compte des éventuels phénomènes provoqués par la foudre et/ou les manœuvres.

b) Détermination de l'énergie spécifique en divisant l'énergie par la valeur efficace de la tension assignée.

c) Comparaison de cette valeur d'énergie spécifique à celle obtenue lors de l'essai à l'aide de l'équation (E.1) ou de la Figure E.1, et choix de la classe voisine supérieure de décharge de ligne.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex E
(informative)

Guide to selection of line discharge class

The parameters for the line discharge test in Table 5 have been specified to obtain increasing energies with increasing discharge class for arresters having a given ratio of switching impulse residual voltage to rated voltage. The energy generated in the arrester during the test, however, is strongly dependent on the actual switching impulse residual voltage of the tested resistors. This energy can be determined with sufficient accuracy from the following formula:

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r}\left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r}\right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \qquad \text{(E.1)}$$

where

U_r is the rated voltage (r.m.s. value);

U_L is the charging voltage of the generator;

W' is the specific energy equal to the energy divided by the rated voltage;

U_{res} is the residual voltage at switching impulse current (see 7.3.3);

Z is the surge impedance of the line;

T is the virtual duration of the current peak.

The dependence of the specific energy on the switching impulse residual voltage is shown in Figure E.1.

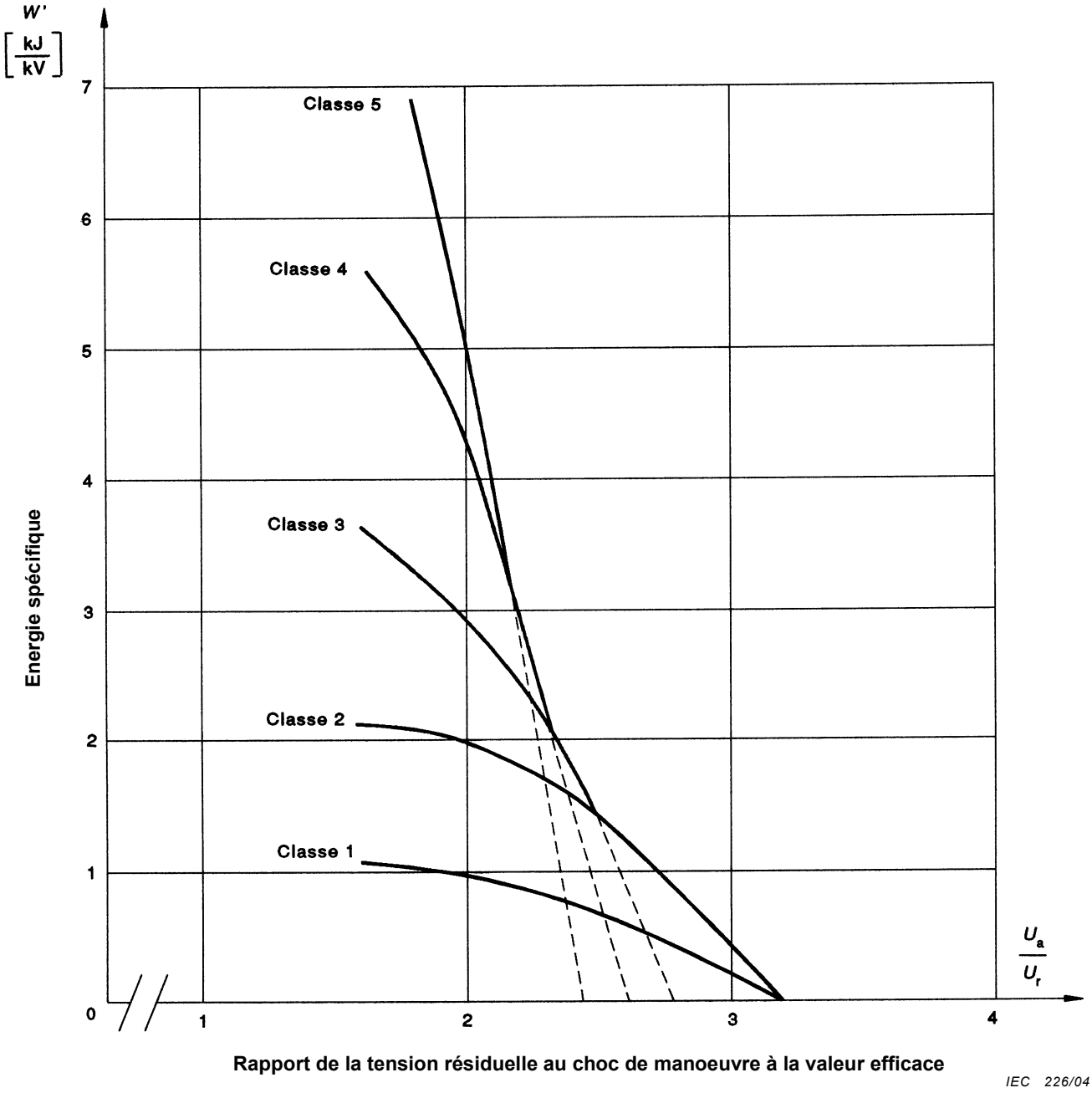
The selection of the line discharge class is done in the following sequence.

a) Determine the energy which is generated in the metal-oxide arrester in service, taking into account possible events caused by lightning and/or switching.

b) Determine the specific energy by dividing the energy by the r.m.s. value of the rated voltage.

c) Compare this specific energy with the specific energy generated in the test using equation (E.1) or Figure E.1 and select the next higher line discharge class.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

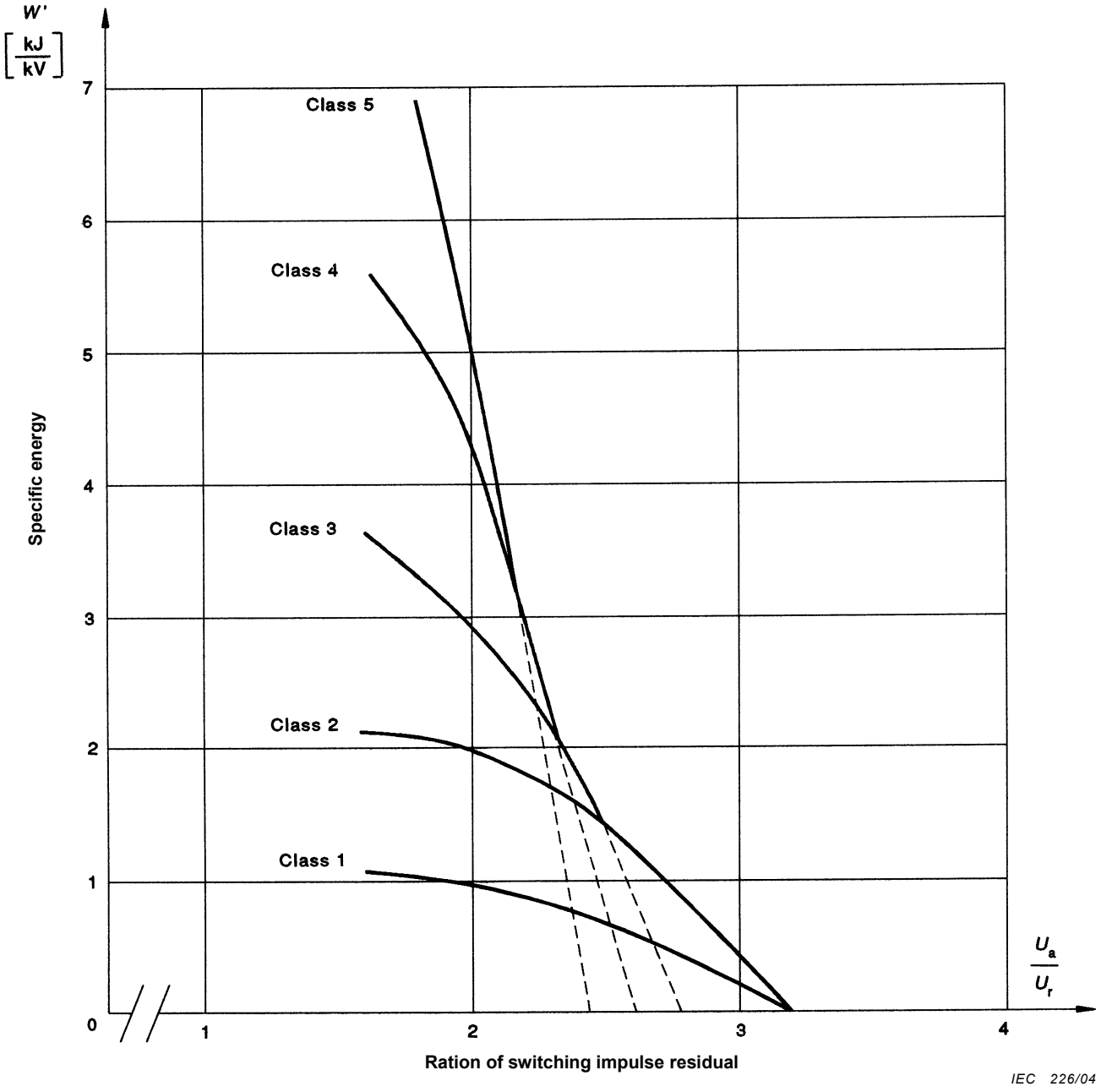


Paramètre: classe de décharge de ligne.

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



Parameter: line discharge class.

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe F
(normative)

Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments

F.1 Glossaire

F.1.1 Paramètres mesurés

q_z [C/hm] Charge externe moyenne s'écoulant à la surface des isolateurs et des enveloppes de parafoudres pendant des épisodes de pollution en service, correspondant à un épisode de pollution de durée déterminée t_z. Ce paramètre est utilisé pour classer la sévérité de pollution d'un site.

t_z [h] Durée d'un épisode de pollution en service.

Q_e [C] Charge s'écoulant à la surface des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.

Q_i [C] Charge s'écoulant dans les parties internes des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.

ΔT_k [K] Augmentation de température de l'élément k.

β [K/C] Rapport entre l'augmentation de température des parties internes du parafoudre et la charge interne mesurée conformément à l'essai préliminaire d'échauffement.

τ [h] Constante de temps thermique équivalente du parafoudre déterminée pendant l'essai préliminaire d'échauffement.

F.1.2 Paramètres calculés

D_m [m] Diamètre moyen de l'enveloppe du parafoudre: il est calculé selon la méthode de la CEI 60815.

Q_{tot} [C] Charge totale du parafoudre: c'est la somme de Q_i et Q_e, et elle est mesurée sur la connexion de terre du parafoudre.

$\Delta T_{z\,max}$ [K] Augmentation théorique maximale de température en service calculée en fonction de β, q_z, t_z, D_m et τ.

WU Déséquilibre pondéré du parafoudre calculé en fonction des caractéristiques électriques et géométriques de chaque élément du parafoudre. Ce paramètre est utilisé pour sélectionner la configuration la plus critique qui doit être soumise à l'essai de pollution.

K_{ie} Rapport entre la charge externe maximale et la charge interne maximale s'écoulant dans les éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.

ΔT_z [K] Augmentation prévue de température en service calculée en fonction de β, q_z, t_z, D_m, K_{ie} et τ.

T_{OD} [°C] Température initiale utilisée pour l'essai de fonctionnement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex F
(normative)

Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters

F.1 Glossary

F.1.1 Measured quantities

q_z [C/hm] Mean external charge flowing on the surface of insulators and surge-arrester housings during pollution events in service, relevant to a pollution event lasting a time t_z. This parameter is used for the classification of the pollution severity of a site.

t_z [h] Duration of a pollution event in service.

Q_e [C] Charge flowing on the surface of the units of the surge arrester during the pollution test.

Q_i [C] Charge flowing in the internal parts of the units of the surge arrester during the pollution test.

ΔT_k [K] Temperature rise relevant to unit k.

β [K/C] Ratio between the temperature rise of the internal parts of the arrester and the relevant charge flowing internally as determined in the preliminary heating test.

τ [h] Equivalent thermal time constant of the arrester as determined in the preliminary heating test.

F.1.2 Calculated quantities

D_m [m] Average diameter of the surge-arrester housing: it is calculated according to the method reported in IEC 60815.

Q_{tot} [C] Total charge relevant to the surge arrester: it is the sum of Q_i and Q_e and is measured at the earth terminal of the surge arrester.

$\Delta T_{z\,max}$ [K] Maximum theoretical temperature rise in service calculated as a function of β, q_z, t_z, D_m and τ.

WU Weighted unbalance of the arrester calculated as a function of the electrical and geometrical characteristic of each unit of the surge arrester. This parameter is used to select the most critical design to be submitted to the pollution test.

K_{ie} Ratio between the maximum external charge and the maximum internal charge flowing in the surge-arrester units during the pollution test.

ΔT_z [K] Expected temperature rise in service calculated as a function of β, q_z, t_z, D_m, K_{ie} and τ.

T_{OD} [°C] Starting temperature to be used for the operating duty test.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.2 Généralités

Il convient que la pollution de l'isolation externe d'un parafoudre à oxyde métallique soit considérée en examinant trois effets possibles:

a) le risque de contournement externe;

b) des décharges partielles à l'intérieur du parafoudre dues aux champs radiaux entre la surface externe et les éléments actifs internes;

c) l'augmentation de la température des éléments actifs internes due à une répartition de potentiel non linéaire et transitoire causée par une couche de pollution sur la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Cette procédure d'essai concerne uniquement le troisième effet possible.

Des essais en laboratoire et l'expérience en exploitation ont montré que l'échauffement des éléments actifs internes des parafoudres soumis à de la pollution est lié à la charge absorbée: ce paramètre est considéré comme essentiel pour l'évaluation de la performance sous pollution des parafoudres.

Une classification de la sévérité de sites représentatifs a été établie en considérant la charge moyenne externe s'écoulant à la surface de différents isolateurs et parafoudres.

Les procédures décrites dans cette annexe se réfèrent seulement à des parafoudres à enveloppe porcelaine; il se peut que les procédures applicables aux parafoudres à enveloppe synthétique requièrent plus d'investigations, elles sont actuellement à l'étude.

Cette annexe décrit la procédure pour déterminer le préchauffage à appliquer à l'échantillon en essai avant l'essai de fonctionnement, de façon à prendre en compte l'effet de l'échauffement dû à la pollution; cette procédure est synthétisée dans l'organigramme de la Figure F.1. En particulier:

– la sévérité de la pollution de différents sites représentatifs est exprimée par q_z. Les données correspondantes sont reportées dans le Tableau F.1;

– les caractéristiques thermiques du parafoudre sont déterminées selon une procédure dérivée de l'Annexe B. Cette procédure permet la détermination de la constante de temps thermique équivalente τ et le calcul du paramètre β grâce au critère décrit dans F.4;

– la connaissance des caractéristiques thermiques du parafoudre et de la sévérité attendue de la pollution du site dans lequel le parafoudre va être installé permet un calcul préliminaire de l'augmentation maximale de température pour les conditions les plus modérées selon lesquelles toute la charge due à l'événement de pollution s'écoulerait par l'intérieur du parafoudre;

– si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à (20 + $\Delta T_{z\,max}$) °C;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.2 General

Pollution on external insulation of a metal-oxide surge arrester should be considered with regard to three possible effects:

a) risk of external flashover;

b) partial discharges inside the surge arrester due to radial fields between the external surface and the internal active elements;

c) temperature rise of the internal active elements due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

This test procedure considers only the third possible effect.

Laboratory tests and service experience have shown that the heating of the internal active parts of the surge arrester under pollution conditions is related to the charge absorbed: this parameter is therefore considered essential in the evaluation of the pollution performance of surge arresters.

A classification of the pollution severity of representative sites has been set up considering the mean external charge flowing on the surface of different insulators and surge arresters.

The procedures described in this annex refer only to surge arresters with a porcelain housing; the procedures for polymeric type surge arresters may require further investigation and are presently under consideration.

This annex describes the procedure for the determination of the preheating to be applied to the test sample before the operating duty test, in order to take into account the heating effect of the pollution; this procedure is synthesized in the flow-chart of Figure F.1. In particular:

– the pollution severity of different representative sites is expressed in terms of q_z. Relevant data are given in Table F.1;

– the thermal characteristics of the surge arrester are determined according to a procedure derived from that of Annex B. This procedure allows the determination of the equivalent thermal time constant τ and the calculation of the parameter β by means of the criteria described in F.4;

– the knowledge of the thermal characteristics of the surge arrester and of the expected pollution severity of the site in which the surge arrester is going to be installed allows a preliminary calculation of the maximum temperature rise in the most conservative conditions in which all the charge relevant to the pollution event would flow internally into the surge arrester;

– if the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z\ max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z\ max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{z\ max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided using as a starting temperature for the operating duty test the value (20 + $\Delta T_{z\ max}$) °C;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– les essais de pollution en laboratoire, quand ils sont jugés nécessaires, sont effectués sur un parafoudre représentatif d'un certain type et d'une certaine conception. Pendant l'essai de pollution, les charges externe et interne Q_e et Q_i doivent être mesurées pour chaque élément de parafoudre. En alternative, la charge totale Q_{tot} et l'augmentation de température ΔT des parties internes peuvent être mesurées. Une analyse statistique des résultats d'essai est nécessaire pour prendre en compte le comportement stochastique de l'échauffement du parafoudre dans des conditions de pollution. L'élaboration des résultats d'essai, décrite en détail dans les articles suivants, donne le facteur K_{ie} qui exprime la propension de la charge à s'écouler par l'intérieur et donc à échauffer les éléments actifs. Ce facteur est une valeur caractéristique d'un type et d'une conception de parafoudre;

– l'augmentation attendue de température en service ΔT_z est calculée en fonction de q_z, K_{ie}, D_m, t_z, β et τ;

– la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement est calculée sur la base du critère suivant:

  – si ΔT_z est supérieure à 40 K, T_{OD} = 20 °C + ΔT_z;

  – si ΔT_z est inférieure ou égale à 40 K, T_{OD} = 60 °C;

– l'essai de fonctionnement est réalisé selon la procédure décrite en 7.5 avec une température initiale égale à T_{OD}.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– laboratory pollution tests, when deemed necessary, are carried out on a surge arrester representative of a certain type and design. During the pollution test, the external and internal charges Q_e and Q_i shall be measured for each surge-arrester unit. Alternatively, the total charge Q_{tot} and the temperature rise ΔT of the internal parts may be measured. A statistical analysis of the test results is necessary to take into account the stochastic behaviour of the surge arrester heating under pollution conditions. The elaboration of the test results, described in detail in the following clauses, gives the factor K_{ie} which expresses the tendency of the charge to flow internally and therefore to heat the active parts. This factor is a characteristic value for a given surge-arrester type and design;

– the expected temperature rise ΔT_z in service is calculated as a function of q_z, K_{ie}, D_m, t_z, β and τ;

– the starting temperature T_{OD} of the operating duty test is calculated on the basis of the following criteria:

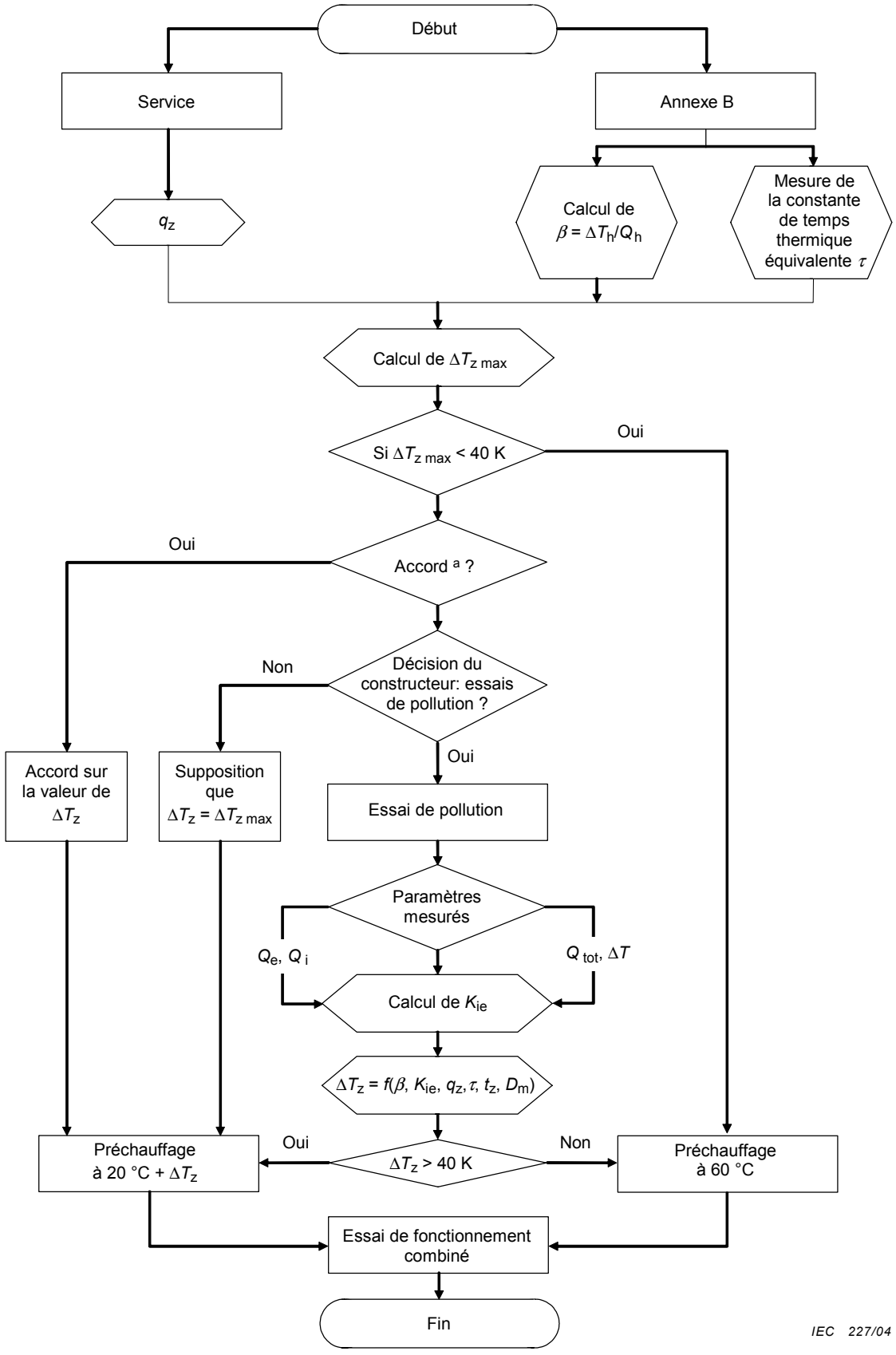
  – if ΔT_z is greater than 40 K, T_{OD} = 20 °C + ΔT_z;

  – if ΔT_z is lower than or equal to 40 K, T_{OD} = 60 °C;

– the operating duty test is performed according to the procedure described in 7.5 with a starting temperature equal to T_{OD}.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

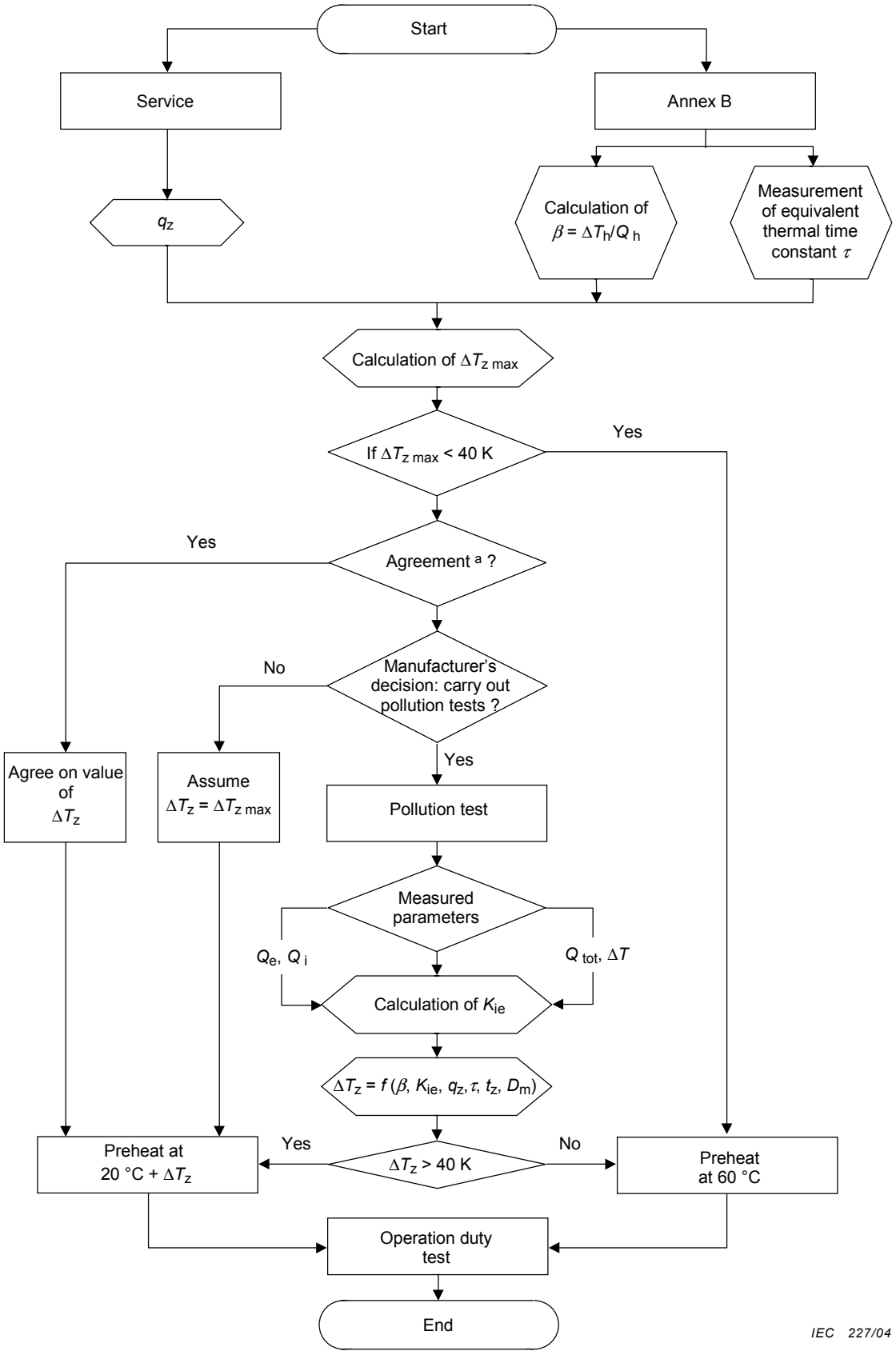


[a] Accord entre le constructeur et l'utilisateur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques)

Figure F.1 – Organigramme démontrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon en essai

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



[a] Agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environment).

Figure F.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

F.3 Classification de la sévérité du site

La classification de la sévérité de pollution d'un site est effectuée sur la base de la charge externe moyenne prévue q_z, elle-même basée sur des mesures effectuées dans des sites représentatifs de différentes sévérités de pollution.

En considérant que la charge s'écoulant à la surface d'un isolateur est proportionnelle à son diamètre, la valeur de q_z est normalisée à un diamètre équivalent de 1 m.

Les durées de l'épisode de pollution (t_z) sont déterminées comme suit:

– épisode de pollution de durée moyenne de forte intensité: 2 h;

– épisode de pollution de longue durée: 6 h.

La valeur de q_z à considérer dans les calculs est celle qui correspond à la situation la plus sévère (2 h ou 6 h), d'après l'équation (F.2), pour le niveau de pollution du site d'installation du parafoudre.

Les valeurs de q_z pour les différentes zones de pollution sont indiquées dans le Tableau F.1.

Tableau F.1 – Charge moyenne externe pour différentes sévérités de la pollution

Niveaux de pollution (zone[a])	Ligne de fuite spécifique minimale	q_z: Charge moyenne externe C/h·m	
	mm/kV	t_z = 2 h	t_z = 6 h
I – Faible	16	0,5	0,24
II – Moyen	20	3,3	2,4
III – Fort	25	24,0	14,0
IV – Très fort	31	55,0	36,0

[a] Les niveaux de pollution (zones) correspondent à la définition des niveaux de pollution donnés dans le Tableau 1 de la CEI 60815.

NOTE Les valeurs de q_z ont été obtenues en utilisant une valeur de seuil de 2 mA (voir F.6.3.1).

F.4 Essai préliminaire d'échauffement: mesure de la constante de temps thermique τ et calcul de β

Une procédure semblable à celle décrite dans l'Annexe B, s'appliquant au parafoudre complet, doit être utilisée, mais avec les restrictions suivantes:

– le temps de chauffage t_h doit être inférieur à 10 min;

– la charge Q_h appliquée au parafoudre pendant l'échauffement doit être mesurée;

– τ est le temps déduit de la courbe de refroidissement du parafoudre entre les températures de 60 °C et 22 + 0,63 T_a, où T_a est la température ambiante en degrés Celsius.

Le paramètre β doit être calculé selon la formule suivante:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \qquad \text{(F.1)}$$

où

ΔT_h est l'augmentation de température pendant l'essai d'échauffement;

Q_h est la charge appliquée pendant l'essai d'échauffement.

NOTE Après l'essai d'échauffement, on doit vérifier que le temps de chauffage (t_h) est inférieur à 0,1 × τ sinon l'essai d'échauffement est répété avec un temps t_h plus court.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.3 Classification of site severity

The classification of the pollution severity of a site is made on the basis of the expected mean external charge q_z, based on measurements carried out in sites representative of different pollution severities.

Considering that the charge flowing on the surface of an insulator is proportional to its diameter, the value of q_z is normalized to an equivalent diameter of 1 m.

The duration of pollution phenomena (t_z) are assumed as follows:

– pollution event of medium duration with high intensity: 2 h;

– pollution event of long duration: 6 h.

The value of q_z to be considered in the subsequent calculations is that one corresponding to the most severe situation (2 h or 6 h), according to equation (F.2), for the pollution level relevant to the site of installation of the surge arrester.

The values of q_z for the different pollution zones are given in Table F.1.

Table F.1 – Mean external charge for different pollution severities

Pollution level (zone[a])	Minimum specific creepage distance	q_z: mean external charge C/h·m	
	mm/kV	t_z = 2 h	t_z = 6 h
I – Light	16	0,5	0,24
II – Medium	20	3,3	2,4
III – Heavy	25	24,0	14,0
IV – Very heavy	31	55,0	36,0

[a] Pollution levels (zones) correspond to the definition of pollution levels given in Table 1 of IEC 60815.

NOTE The q_z values were obtained using a threshold value of 2 mA (see F.6.3.1).

F.4 Preliminary heating test: measurement of the thermal time constant τ and calculation of β

A procedure similar to that specified in Annex B, relevant to the complete arrester, shall be used, but with the following exceptions:

– the heating time (t_h) shall be shorter than 10 min;

– the charge Q_h applied to the surge arrester during the heating shall be measured;

– τ is the time derived from the cooling curve of the arrester between the temperatures of 60 °C and 22 + 0,63 T_a, where T_a is the ambient temperature in degrees Celsius.

The parameter β shall be calculated according to the following equation:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \qquad \text{(F.1)}$$

where

ΔT_h is the temperature rise during the heating test;

Q_h is the charge applied during the heating test.

NOTE After the heating test, it shall be verified that the heating time (t_h) is shorter than 0,1 × τ; otherwise the heating test shall be repeated with a shorter t_h.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.5 Vérification de la nécessité de réaliser les essais de pollution

De façon à vérifier le besoin réel de réaliser l'essai de pollution, un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température en service ($\Delta T_{z\,max}$) doit être effectué. Ce calcul suppose que toute la charge attendue en service (q_z) s'écoule à l'intérieur. C'est une situation théorique extrême. Dans ce contexte, $\Delta T_{z\,max}$ peut être calculée comme suit:

$$\Delta T_{z\,max} = \beta\, q_z\, D_m\, \tau \left(1 - e^{\left(-\frac{t_z}{\tau}\right)}\right) \left(\frac{U_r - U_{r\,min}}{U_r}\right) \qquad \text{(F.2)}$$

où

U_r est la tension assignée du parafoudre;

$U_{r\,min}$ est la tension assignée minimale des éléments du parafoudre.

Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z\,max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à (20 + $\Delta T_{z\,max}$) °C.

F.6 Exigences générales pour l'essai de pollution

F.6.1 Echantillon en essai

L'échantillon en essai doit être représentatif de la conception la plus critique correspondant à un certain type de parafoudre.

Les caractéristiques de l'échantillon en essai doivent être retenues de façon à respecter les critères du Tableau F.2.

Tableau F.2 – Caractéristiques de l'échantillon utilisé lors de l'essai de pollution

Paramètres	Critères de sélection (caractéristique de l'échantillon en essai en rapport avec son type de conception)
U_c/U_R	Maximum
Déséquilibre pondéré (WU)[a]	Maximum
Ligne de fuite spécifique [mm/kV]	Minimum
Section des varistances	Minimum
Diamètre équivalent de la porcelaine	Maximum

[a] Le déséquilibre pondéré (WU) doit être calculé comme suit:

$$WU = \max\left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2}\right) \qquad \text{(F.3)}$$

où

U_r est la tension assignée du parafoudre;

U_{rk} est la tension assignée de l'élément k;

CD est la ligne de fuite du parafoudre;

CD_k est la ligne de fuite de l'unité k;

k = 1, 2 … n;

n est le nombre d'éléments du parafoudre.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.5 Verification of the need to perform the pollution tests

In order to check the effective need to carry out the pollution test, a preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise in service ($\Delta T_{z\ max}$) shall be carried out. This calculation assumes that all the charge expected in service (q_z) flows internally. In this hypothesis, $\Delta T_{z\ max}$ can be derived as follows:

$$\Delta T_{z\,max} = \beta\, q_z\, D_m\, \tau \left(1 - e^{\left(-\frac{t_z}{\tau}\right)}\right)\left(\frac{U_r - U_{r\,min}}{U_r}\right) \qquad \text{(F.2)}$$

where

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

$U_{r\ min}$ is the minimum rated voltage among the surge arrester units.

If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z\ max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z\ max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{z\ max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided by using as starting temperature for the operating duty test the value (20 + $\Delta T_{z\ max}$) °C.

F.6 General requirements for the pollution test

F.6.1 Test sample

The test sample shall be representative of the most critical design relevant to a certain arrester type.

The characteristics of the test sample shall be selected according to the criteria given in Table F.2.

Table F.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test

Parameter	Selection criteria (characteristic of the sample to be tested with respect to the relevant design type)
U_C/U_R	Maximum
Weighted unbalance (WU)[a]	Maximum
Specific creepage distance [mm/kV]	Minimum
Block cross-sectional area	Minimum
Equivalent porcelain diameter	Maximum

[a] The weighted unbalance (WU) shall be derived as follows:

$$WU = \max\left(\frac{U_{rk}^2\, CD}{CD_k\, U_r^2}\right) \qquad \text{(F.3)}$$

where

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

U_{rk} is the rated voltage of the unit k;

CD is the creepage distance of the surge arrester;

CD_k is the creepage distance of the unit k;

k = 1, 2 … n;

n is the number of units of the surge arrester.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.6.2 Installations d'essais

Les installations d'essais doivent remplir les exigences de 6.2 de la CEI 60507.

F.6.3 Instrumentation et procédures de mesure

F.6.3.1 Mesure de la charge

Un équipement adapté doit être utilisé pour la mesure de la charge.

Pour la mesure de la charge interne, seule la composante résistive du courant doit être considérée: l'influence de la composante capacitive sur la mesure de la charge doit donc être éliminée. Des exemples de méthodes pour éliminer l'influence du courant capacitif sont la soustraction des formes d'ondes ou l'intégration au-dessus d'un seuil (par exemple 2 mA (voir le Tableau F.1).

Les exigences minimales pour l'appareil de mesure sont décrites dans le Tableau F.3.

Tableau F.3 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la charge

Caractéristiques	Exigences
Gamme minimale d'intégration de courant	0 mA à 500 mA
Résolution minimale en courant	0,2 mA
Bande passante analogique minimale	0 Hz à 2 000 Hz
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 000 Hz
Durée maximale de rafraîchissement de la charge	1 min
Charge capacitive résiduelle maximale pendant la durée de rafraîchissement	±10 % de la charge totale pendant la durée de rafraîchissement
Incertitude globale maximale de mesure	±10 %

Dans le cas des parafoudres à deux éléments, les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions à la fois côté tension et côté terre.

Dans le cas de parafoudres constitués de plus de deux unités, la procédure de mesure suivante doit être adoptée:

– les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions du parafoudre à la fois côté tension et côté terre;
– seule la charge externe doit être mesurée pour les unités intermédiaires;
– la charge interne est évaluée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \qquad \text{(F.4)}$$

où

Q_i est la charge interne de l'unité intermédiaire;
Q_{iT} est la charge interne de l'unité supérieure;
Q_{iB} est la charge interne de l'unité inférieure;
Q_e est la charge externe de l'unité intermédiaire;
Q_{eT} est la charge externe de l'unité supérieure;
Q_{eB} est la charge externe de l'unité inférieure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.6.2 Testing plant

The testing plant shall fulfil the requirements of 6.2 of IEC 60507.

F.6.3 Measuring devices and measuring procedures

F.6.3.1 Measurement of the charge

A suitable device for the measurement of the charge shall be used.

For the measurement of the internal charge, only the resistive component of the current shall be considered: the effect of the capacitive current on the charge measurement shall be eliminated. Examples of methods for eliminating the effect of the capacitive current are the waveform subtraction method or the integration upon exceeding a threshold limit (for example, 2 mA (see Table F.1)).

The minimum requirements for the measuring device are given in Table F.3.

Table F.3 – Requirements for the device used for the measurement of the charge

Characteristic	Requirement
Minimum current integration range	0 mA to 500 mA
Minimum current resolution	0,2 mA
Minimum analogue bandwidth	0 Hz to 2 000 Hz
Minimum sampling frequency	1 000 Hz
Maximum updating period of the charge	1 min
Maximum residual capacitive charge in the updating period	±10 % of the total charge in the updating period
Maximum overall measurement uncertainty	±10 %

In the case of two-unit surge arresters, the internal and external charges shall be measured both on the line and earth terminals.

In the case of surge arresters composed of more than two units, the following measuring procedure shall be adopted:

– the internal and external charges shall be measured on the line and earth terminals of the surge arrester;
– only the external charge shall be measured for intermediate units;
– the internal charge is evaluated by means of the following equation:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \qquad \text{(F.4)}$$

where

Q_i is the internal charge of the intermediate unit;
Q_{iT} is the internal charge of the top unit;
Q_{iB} is the internal charge of the bottom unit;
Q_e is the external charge of the intermediate unit;
Q_{eT} is the external charge of the top unit;
Q_{eB} is the external charge of the bottom unit.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.6.3.2 Mesure de la température

La température des parties internes du parafoudre peut être mesurée à la place de la charge interne.

Dans ce cas, la mesure de la température doit être effectuée avec des capteurs disposés dans au moins trois points répartis dans chaque élément. La distance entre les capteurs doit être $h/(n + 1)$ où h est la hauteur de l'élément et n le nombre de capteurs utilisés.

Les exigences minimales pour les appareils sont décrites dans le Tableau F.4.

Tableau F.4 – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la température

Caractéristiques	Exigences
Plage de la température de mesure	20 °C à 200 °C
Incertitude absolue de mesure	±1 K
Résolution	≤0,4 K
Constante de temps thermique maximale	1 min
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 min^{-1}
NOTE Les échauffements mesurés lors de ces essais sont généralement inférieurs à 100 K.	

Dans le cas d'une mesure de la température interne, la charge Q_{tot} doit être mesurée seulement sur la connexion du parafoudre côté terre.

F.6.4 Préparation de l'essai

F.6.4.1 Nettoyage de l'échantillon en essai

L'enveloppe du parafoudre doit être soigneusement nettoyée de façon que toute trace de poussière ou de graisse soit enlevée.

Après le nettoyage, les éléments de l'isolation du parafoudre ne doivent pas être touchés à la main.

De l'eau, de préférence chauffée à 50 °C, additionnée de phosphate de soude ou d'un détergent équivalent, doit être utilisée, après quoi l'enveloppe isolante doit être bien rincée avec de l'eau du robinet.

La surface de l'enveloppe isolante est supposée être suffisamment propre et débarrassée de toute graisse si de larges zones humides sont observées.

F.6.4.2 Installation de l'échantillon

Le parafoudre doit être essayé complètement assemblé comme il est prévu de l'utiliser en service. Les appareils utilisés pour la mesure de la charge et de la température ne doivent pas avoir d'influence significative sur le comportement du parafoudre en essai.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.6.3.2 Measurement of the temperature

The temperature of the internal parts of the arrester may be measured instead of the internal charge.

In this case the measurement of the temperature shall be performed by means of sensors positioned in at least three evenly distributed positions along each unit. The distance between the sensors shall be $h/(n+1)$ where h is the height of the unit and n the number of sensors used.

The minimum requirements for the devices are given in Table F.4.

Table F.4 – Requirements for the device used for the measurement of the temperature

Characteristic	Requirement
Temperature measuring range	20 °C to 200 °C
Absolute measuring uncertainty	±1 K
Resolution	≤0,4 K
Maximum thermal time constant	1 min
Minimum sampling rate	1 min^{-1}
NOTE Typical temperature rises in the test are below 100 K.	

In the case of internal temperature measurement, the charge Q_{tot} shall be measured only at the earth terminal of the surge arrester.

F.6.4 Test preparation

F.6.4.1 Cleaning of the test sample

The surge-arrester housing shall be carefully cleaned so that all traces of dirt and grease are removed.

After cleaning the insulating parts of the surge arrester shall not be touched by hand.

Water, preferably heated to 50 °C, with the addition of trisodium phosphate or equivalent detergent, shall be used, after which the insulator shall be thoroughly rinsed with tap water.

The surface of the insulator is deemed sufficiently clean and free from any grease if large continuous wet areas are observed.

F.6.4.2 Installation of the sample

The arrester shall be tested completely assembled as intended to be used in service. The devices used for the measurement of the charge and of the temperature shall not have any significant influence on the behaviour of the surge arrester under test.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.7 Procédures d'essai

Une des deux procédures d'essai décrite en F.7.1 et F.7.2 peut être utilisée.

F.7.1 Méthode de pollution boueuse

F.7.1.1 Généralités

F.7.1.1.1 Préparation du polluant

Le polluant doit être stocké dans un récipient tel qu'il puisse être fermement agité juste avant son application. Le polluant doit consister en un mélange

– d'eau;
– de bentonite, 5 g par litre d'eau;
– d'un détergent non dilué et non ionisé composé d'un ether-glycol-polyéthylène-phénol-nonyl ou d'autres esters à longue chaîne non ionisés comparables, 1 g par litre d'eau;
– de chlorure de sodium.

La résistivité volumique du mélange doit être ajustée par addition de chlorure de sodium dans une fourchette de 400 Ω.cm à 500 Ω.cm.

La résistivité volumique doit être mesurée à une température de 20 °C. Si la température du mélange au moment de la mesure est différente de 20 °C, une correction de température doit être effectuée.

F.7.1.1.2 Conditions d'ambiance

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C.

F.7.1.2 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le préconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée selon la procédure spécifiée en 7.2.

Les étapes suivantes doivent être effectuées.

a) Le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min.
b) Trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_C (voir note 2 de F.7.1.3) pendant 10 min.
c) Le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter.
d) Les étapes a), b) et c) doivent être répétées trois fois.

A la fin du préconditionnement, le parafoudre doit être laissé se refroidir à la température ambiante.

Pour vérifier qu'aucun dommage n'a affecté le parafoudre pendant le préconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le préconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être indiquées par le constructeur.

L'essai doit démarrer aussi vite que possible après la fin du préconditionnement.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.7 Test procedures

One of the two test procedures described in F.7.1 and F.7.2 may be used.

F.7.1 Slurry method

F.7.1.1 General

F.7.1.1.1 Contaminant preparation

The contaminant shall be stored in a container so that it can be thoroughly agitated just prior to application. The contaminant shall consist of a slurry of

– water;
– bentonite, 5 g per litre of water;
– an undiluted non-ionic detergent consisting of nonyl-phenol-polyethylene-glycol-ether, or other comparable long-chain non-ionic ether; 1 g per litre of water;
– sodium chloride.

The volume resistivity of the slurry shall be adjusted by the addition of sodium chloride to a range between 400 Ω.cm and 500 Ω.cm.

Volume resistivity shall be measured at a temperature of 20 °C. If, during the measurement of the volume resistivity, the temperature of the slurry is different from 20 °C, a calculation for temperature correction shall be made.

F.7.1.1.2 Ambient conditions

At the start of the test, the surge arrester shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. The ambient temperature shall not be less than 5 °C nor greater than 40 °C.

F.7.1.2 Preconditioning of the surge-arrester surface

Before starting the preconditioning, the reference voltage of the surge arrester shall be determined, according to the procedure specified in 7.2.

The following steps shall be applied.

a) With the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min.
b) Three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2 of F.7.1.3) for 10 min.
c) The arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip dry.
d) Steps a), b) and c) shall be repeated three times.

At the end of the preconditioning process, the surge arrester shall be left to cool at ambient temperature.

In order to verify that no damage has occurred to the surge arrester during the pre-conditioning process, the reference voltage of the surge arrester shall be measured and compared with the measurement performed before the preconditioning. Acceptable limits of variation of the reference voltage shall be specified by the manufacturer.

The test shall start as soon as possible after completion of the preconditioning process.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.7.1.3 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées.

a) Le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min.

b) Trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_c (voir note 2) pendant 10 min; la mesure de la charge doit commencer au moment de l'application de la tension.

c) Le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter. Avant de passer à l'essai suivant, les éléments internes du parafoudre doivent refroidir jusqu'à une température proche de ±2 K de la moyenne ambiante. Si la température des parties internes n'est pas mesurée, une durée minimale de 2τ doit séparer deux essais consécutifs pour s'assurer que le parafoudre s'est refroidi à une température proche de l'ambiante. N'importe quel moyen pour refroidir les parafoudres à une température proche de l'ambiante, accepté par le constructeur, est permis. Plusieurs parafoudres peuvent être essayés en parallèle de façon à réduire le temps d'attente.

d) Les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois.

e) L'augmentation de température prévue ΔT_Z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l' Article F.8.

f) Si la valeur de ΔT_Z est inférieure à 40 K, aucun autre essai de pollution n'est nécessaire, et la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C; Dans le cas où la valeur de ΔT_Z est supérieure ou égale à 40 K, les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois supplémentaires et l'augmentation prévue de température ΔT_Z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l' Article F.8.

NOTE 1 Le lavage après chaque cycle est utilisé pour éliminer toute influence des cycles d'essai précédents et, de ce fait, améliorer l'indépendance statistique entre les cycles d'essais.

NOTE 2 Dans les cas où la tension de service permanent, pour d'autres raisons, a été choisie très supérieure à la tension phase-terre du système, l'essai peut être réalisé à la tension phase-terre après accord entre le client et le constructeur.

F.7.2 Méthode du brouillard salin

F.7.2.1 Généralités

F.7.2.1.1 Préparation du polluant

La solution salée doit être préparée selon l'Article 7 de la CEI 60507: la solution salée doit être constituée de chlorure de sodium (NaCl) de pureté commerciale et d'eau du robinet.

La salinité utilisée doit être deux niveaux en dessous de la salinité tenue du parafoudre. Les tolérances sur la valeur de la salinité doivent être conformes à l'Article 7 de la CEI 60507. La mesure de la salinité doit être effectuée en mesurant la conductivité avec une correction de température en accord avec la CEI 60507.

F.7.2.1.2 Système de pulvérisation

Le système de production du brouillard salin doit être en accord avec les spécifications de l'Article 8 de la CEI 60507.

F.7.2.1.3 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le préconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée, conformément à la procédure spécifiée en 7.2.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

F.7.1.3 Test procedure

The following steps shall be applied.

a) With the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min.

b) Three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2) for 10 min; the charge measurement shall start at the moment of voltage application.

c) The arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip dry. Before starting the next test the internal parts of the arrester shall be left to cool to maximum ±2 K from the average ambient temperature. If the temperature of the internal parts is not measured, a minimum time of 2τ shall be interposed between two subsequent tests in order to ensure that the surge arrester has cooled close to ambient temperature. Any means to cool the arresters to near ambient temperature, which are accepted by the manufacturer, are permitted. Several arresters may be tested in parallel in order to reduce the waiting time.

d) Steps a), b) and c) shall be repeated five times.

e) The expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in Clause F.8.

f) If the value of ΔT_z is lower than 40 K, no further pollution test is required and the starting temperature T_{OD} of the operating duty test shall be 60 °C. If the value of ΔT_z is higher than, or equal to, 40 K, steps a), b) and c) shall be repeated five more times and the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in Clause F.8.

NOTE 1 Washing after each cycle is used to remove any influence from previous test cycles and thus improve the statistical independence between test cycles.

NOTE 2 In cases in which the continuous operating voltage out of other reasons has been selected much higher than the phase-to-earth operating voltage of the system, the test may be carried out at the phase-to-earth voltage by agreement between manufacturer and purchaser.

F.7.2 Salt fog method

F.7.2.1 General

F.7.2.1.1 Contaminant preparation

The salt solution shall be prepared in accordance with Clause 7 of IEC 60507: the salt solution shall be made of sodium chloride (NaCl) of commercial purity and tap water.

The salinity used shall be two steps below the specified withstand salinity of the surge arrester. Tolerances on the value of the salinity shall be in accordance with Clause 7 of IEC 60507. The measurement of the salinity shall be made by measuring the conductivity with a correction of temperature in line with the indications of IEC 60507.

F.7.2.1.2 Spraying system

The system for the production of the salt fog shall be in accordance with the specifications of Clause 8 in IEC 60507.

F.7.2.1.3 Preconditioning of the arrester surface

Before starting the preconditioning, the reference voltage of the surge arrester shall be determined, according to the procedure specified in 7.2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Le préconditionnement doit être effectué sur un seul élément du parafoudre à la fois. Si le préconditionnement est effectué sur les éléments assemblés du parafoudre, les autres éléments sont donc court-circuités avec un fil externe, et ne sont pas sous tension.

L'élément doit être mis sous sa tension U_c et soumis au brouillard salin pendant 20 min ou jusqu'à un contournement.

Si aucun contournement ne se produit, la tension est augmentée jusqu'à la tension assignée de l'élément du parafoudre pendant 5 s ou jusqu'à contournement et est alors abaissée de nouveau à la valeur U_c pendant 5 min. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que huit contournements soient obtenus.

De façon à obtenir les huit contournements sans un nombre excessivement important de cycles d'augmentation de la tension, le préconditionnement doit être effectué à une valeur de salinité de préférence plus élevée que la tenue maximale attendue de l'unité.

En accord entre le client et le constructeur, le préconditionnement peut également être réalisé sur l'enveloppe du parafoudre sans les parties internes.

Après le préconditionnement de chaque élément, le brouillard doit se dissiper et le parafoudre doit être nettoyé avec de l'eau du robinet.

A la fin de la procédure de préconditionnement, le parafoudre doit se refroidir à la température ambiante.

De façon à vérifier que le parafoudre n'a subi aucun dommage pendant la procédure de préconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le préconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être spécifiées par le constructeur.

L'essai de brouillard salin doit démarrer aussi vite que possible après la fin de la procédure de préconditionnement.

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C et l'écart avec la température de la solution aqueuse ne doit pas dépasser 15 K.

F.7.2.2 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées.

a) Le parafoudre doit être uniformément rincé avec de l'eau du robinet. La tension d'essai U_c (voir note 2) doit être appliquée pendant que le parafoudre est encore entièrement humide.

b) Le parafoudre doit être placé sous la tension d'essai spécifiée et la pompe de la solution saline ainsi que le compresseur d'air doivent être mis en route. L'essai est supposé avoir débuté aussitôt que l'air comprimé a atteint la pression normale de service aux gicleurs. Cet instant de début s'applique aussi pour le système de mesure de la charge.;

c) La production de brouillard doit être stoppée après 15 min et le parafoudre doit être maintenu sous tension pendant 15 min de plus.

d) Le brouillard salin doit être dissipé et le parafoudre doit se refroidir jusqu'à la température ambiante avant de démarrer le cycle suivant. De façon à s'assurer que le parafoudre s'est refroidi à une température proche de l'ambiante, une durée minimale de 2τ doit séparer deux essais consécutifs. N'importe quel moyen pour refroidir les parafoudres à une température proche de l'ambiante, accepté par le constructeur, est permis. Plusieurs parafoudres peuvent être essayés en parallèle de façon à réduire le temps d'attente.

e) Les étapes a), b), c) et d) doivent être répétées cinq fois.

f) L'augmentation de température prévue ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l' Article F.8.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The preconditioning process shall be carried out on one unit of the surge arrester at a time. If the preconditioning is carried out on the units assembled in the surge arrester, the other units are therefore short-circuited with an external wire, and are not energized.

The unit shall be energized at voltage U_c and submitted to the salt fog for 20 min or until flashover.

If flashover does not occur, the voltage is raised to the rated voltage of the surge arrester unit for 5 s or until flashover, and then lowered again to the U_c value for 5 min. This procedure is repeated until eight flashovers are obtained.

In order to obtain the eight flashovers without an excessively high number of voltage increase cycles, the preconditioning shall be carried out at a value of salinity preferably higher than the expected maximum withstand level of the unit.

Alternatively, by agreement between the manufacturer and the purchaser, the preconditioning may be carried out on the arrester housing without the internal elements.

After the preconditioning of each unit, the fog shall be cleared and the surge arrester shall be washed down with tap water.

At the end of the preconditioning process, the surge arrester shall be allowed to cool to ambient temperature.

In order to verify that no damage has occurred to the surge arrester during the pre-conditioning process, the reference voltage of the surge arrester shall be measured and compared with the measurement carried out before the preconditioning. Acceptable limits of variation of the reference voltage shall be specified by the manufacturer.

The salt fog test shall start as soon as possible after completion of the preconditioning process.

At the start of the test, the surge arrester shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. The ambient temperature shall not be less than 5 °C nor greater than 40 °C and its difference from the temperature of the water solution shall not exceed 15 K.

F.7.2.2 Test procedure

The following steps shall be applied.

a) The surge arrester shall be uniformly rinsed with tap water. The test voltage U_c (see note 2) shall be applied while the surge arrester is still completely wet.

b) The surge arrester shall be energized at the specified test voltage and the salt-solution pump and air compressor shall be switched on. The test is deemed to have started as soon as the compressed air has reached the normal operating pressure at the nozzles. This starting time is intended also for the charge measurement system.

c) The fog production shall be stopped after 15 min and the surge arrester shall be kept energized for another 15 min.

d) The salt fog shall be evacuated and the surge arrester shall be allowed to cool to ambient temperature before starting the subsequent cycle. In order to ensure that the surge arrester has cooled close to ambient temperature a minimum time of 2τ shall be interposed between two subsequent tests. Any means to cool the arresters to near ambient temperature, which are accepted by the manufacturer, are allowed. Several arresters may be tested in parallel in order to reduce the waiting time.

e) Steps a), b), c) and d) shall be repeated five times.

f) The expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in Clause F.8.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

g) Si la valeur de ΔT_z est inférieure à 40 K, aucun autre essai de pollution n'est nécessaire, et la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Dans le cas où la valeur de ΔT_z est supérieure ou égale à 40 K, les étapes a), b), c) et d) doivent être répétées cinq fois supplémentaires et l'augmentation prévue de température ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l' Article F.8.

NOTE 1 Le lavage après chaque cycle est utilisé pour éliminer toute influence des cycles d'essai précédents et, de ce fait, améliorer l'indépendance statistique entre les cycles d'essais.

NOTE 2 Dans les cas où la tension de service permanent, pour d'autres raisons, a été choisie très supérieure à la tension phase-terre du système, l'essai peut être réalisé à la tension phase-terre après accord entre le client et le constructeur.

F.8 Evaluation des résultats des essais

F.8.1 Calcul de K_{ie}

Pour chaque répétition de cycle d'essai, la valeur de K_n est calculée comme suit:

$$K_n = \frac{\sum\left(\frac{Q_{ik}\ U_{rk}}{U_r}\right)}{Q_{e\,max}} \qquad \text{(F.5)}$$

où

$Q_{e\ max}$ est le maximum des niveaux de charge externe;

Q_{ik} est la charge interne correspondant à l'élément k;

U_{rk} est la tension assignée de l'élément k;

U_r est la tension assignée du parafoudre;

k = 1, 2 ... n;

n est le nombre d'éléments du parafoudre.

Dans le cas où la température des parties internes a été mesurée à la place de la charge interne, l'équation (F.5) est remplacée par l'équation (F.6):

$$K_n = \frac{\sum\left(\frac{\Delta T_k\ U_{rk}}{\beta\ U_r}\right)}{Q_{e\,max}} \qquad \text{(F.6)}$$

où ΔT_k est l'augmentation de la température correspondant à l'élément k calculé comme la moyenne arithmétique des maxima de température dans les différents points de l'élément.

NOTE Si l'augmentation de température interne ΔT_k est directement mesurée pendant l'essai, $Q_{e\ max}$ peut être calculée selon l'équation suivante:

$$Q_{emax} = \max\left(Q_{tot} - \frac{\Delta T_k}{\beta}\right) \qquad \text{(F.7)}$$

La valeur moyenne K_{ieM} est calculée comme la moyenne arithmétique des valeurs K_n, σ est calculé comme l'écart-type des valeurs K_n, et le rapport statistique K_{ie} est calculé selon la formule suivante:

$$K_{ie} = K_{ieM} + c\,\sigma \qquad \text{(F.8)}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

g) If the value of ΔT_z is lower than 40 K, no further pollution test is required and the starting temperature T_{OD} of the operating duty test shall be 60 °C. If the value of ΔT_z is higher than, or equal to, 40 K, steps a), b), c) and d) shall be repeated five more times and the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in Clause F.8.

NOTE 1 Washing after each cycle is used to remove any influence from previous test cycles and thus improve the statistical independence between test cycles.

NOTE 2 In cases in which the continuous operating voltage out of other reasons has been selected much higher than phase-to-earth operating voltage of the system, the test may be carried out at this phase-to-earth voltage by agreement between manufacturer and purchaser.

F.8 Evaluation of test results

F.8.1 Calculation of K_{ie}

For each repetition of the test cycle the value of K_n is calculated as follows:

$$K_n = \frac{\sum\left(\frac{Q_{ik}\ U_{rk}}{U_r}\right)}{Q_{e\,max}} \tag{F.5}$$

where

$Q_{e\ max}$ is the maximum of external charge levels;

Q_{ik} is the internal charge relevant to unit k;

U_{rk} is the rated voltage of unit k;

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

k = 1, 2 … n;

n is the number of units of the surge arrester.

In the case in which the temperature of the internal parts has been measured instead of the internal charge, equation (F.5) is replaced by equation (F.6):

$$K_n = \frac{\sum\left(\frac{\Delta T_k\ U_{rk}}{\beta\ U_r}\right)}{Q_{e\,max}} \tag{F.6}$$

where ΔT_k is the temperature rise relevant to unit k calculated as the arithmetical mean value between the maximum temperature measured in the different points of the unit.

NOTE If the internal temperature rise ΔT_k is directly measured during the test, $Q_{e\ max}$ can be calculated according to the following equation:

$$Q_{emax} = \max\left(Q_{tot} - \frac{\Delta T_k}{\beta}\right) \tag{F.7}$$

The average value K_{ieM} is calculated as the arithmetical mean of the values of K_n, σ is calculated as the standard deviation of the values of K_n, and the statistical ratio K_{ie} is calculated according to the following formula:

$$K_{ie} = K_{ieM} + c\,\sigma \tag{F.8}$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

où

c = 2 dans le cas où le calcul est conduit sur la base de mesures obtenues avec 10 cycles d'essais;

c = 2,9 dans le cas où le calcul est conduit sur la base de mesures obtenues avec cinq cycles d'essais.

F.8.2 Calcul de l'augmentation de température en service estimée ΔT_z

L'augmentation de température estimée ΔT_z est calculée selon l'équation suivante:

$$\Delta T_z = \beta K_{ie}\, q_z\, D_m\, \tau \left(1 - e^{\left(-\frac{t_z}{\tau}\right)} \right) \qquad \text{(F.9)}$$

F.8.3 Préparation pour l'essai de fonctionnement

La température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement est calculée sur la base du critère suivant:

– si ΔT_z est supérieure à 40 K, T_{OD} = 20 °C + ΔT_z;

– si ΔT_z est inférieure ou égale à 40 K, T_{OD} = 60 °C.

L'essai de fonctionnement est réalisé selon la procédure décrite en 8.5 avec une température initiale égale à T_{OD}.

F.9 Exemple

L'exemple suivant présente l'application de la procédure d'essai à un parafoudre qui a les caractéristiques suivantes:

U_r	198 kV
$U_{r\ min}$	90 kV
U_c	156 kV
tension d'essai	142 kV (voir note)
nombre d'éléments	2
U_r (élément inférieur)	90 kV
U_r (élément supérieur)	108 kV
D_m	198 mm

NOTE La valeur de la tension d'essai a été choisie en accord avec la note 2 de F.7.2.2.

F.9.1 Essai préliminaire de chauffage

Les résultats des essais préliminaires d'échauffement sont les suivants:

τ 1,5 h

β 19 K/C (c'est-à-dire qu'une charge de 5,3 °C a été nécessaire pour chauffer le parafoudre de 20 °C à 120 °C).

F.9.2 Vérification de la nécessité d'effectuer l'essai de pollution

Le calcul de $\Delta T_{z\ max}$, à l'aide de l'équation (F.2), donne les résultats reportés dans le Tableau F.5.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

where

c = 2 in the case where the calculation is carried out on the basis of the measurements relevant to 10 test cycles;

c = 2,9 in the case where the calculation is carried out on the basis of the measurements relevant to five test cycles.

F.8.2 Calculation of the expected temperature rise ΔT_z in service

The expected temperature rise ΔT_z is calculated according to the following equation:

$$\Delta T_z = \beta K_{ie}\, q_z\, D_m\, \tau \left(1 - e^{\left(-\frac{t_z}{\tau} \right)} \right) \qquad \text{(F.9)}$$

F.8.3 Preparation for the operating duty test

The starting temperature T_{OD} of the operating duty test is calculated on the basis of the following criteria:

– if ΔT_z is greater than 40 K, T_{OD} = 20 °C + ΔT_z;

– if ΔT_z is lower than or equal to 40 K, T_{OD} = 60 °C.

The operating duty test is performed according to the procedure described in 8.5 with a starting temperature equal to T_{OD}.

F.9 Example

The following example refers to the application of the test procedure on a surge arrester having the following ratings:

U_r	198 kV
$U_{r\ min}$	90 kV
U_c	156 kV
test voltage	142 kV (see note)
number of units	2
U_r (bottom element)	90 kV
U_r (top element)	108 kV
D_m	198 mm

NOTE The value of the test voltage was chosen in line with note 2 of F.7.2.2.

F.9.1 Preliminary heating test

The results of the preliminary heating tests are the following:

τ 1,5 h

β 19 K/C (i.e. a charge of 5,3 °C was necessary to heat the surge arrester from 20 °C to 120 °C).

F.9.2 Verification of the need to perform the pollution test

The calculation of $\Delta T_{z\ max}$, by means of equation (F.2) gives the results reported in Table F.5.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau F.5 – Résultats du calcul de $\Delta T_{z\,max}$ pour l'exemple choisi

Zones de pollution	Durée de l'épisode de pollution h	$\Delta T_{z\,max}$ K	Nécessité de réaliser les essais de pollution
I	2	1,1	Non
	6	0,7	
II	2	7,5	Non
	6	7,3	
III	2	54,4	Oui
	6	42,3	
IV	2	124,7	Oui
	6	108,8	

L'utilisation du parafoudre dans des zones de pollution I et II ne nécessite donc pas d'essais de pollution, et la température initiale de l'essai de fonctionnement doit être de 60 °C.

F.9.3 Essais sous brouillard salin

Les résultats des essais sous brouillard salin, avec une salinité de 14 kg/m^3, sont indiqués dans le Tableau F.6.

Tableau F.6 – Résultats de l'essai sous brouillard salin pour l'exemple choisi

Essais n°	Q_{ebot} [a] C	Q_{etop} [c] C	Q_{itop} [d] C	Q_{ibot} [b] C	K_n
1	6,7	4,1	2,3	0	0,18
2	5,9	4,2	1,3	0	0,12
3	6,4	4,3	1,8	0	0,15
4	6,7	4,5	2,2	0	0,18
5	5,9	3,5	2,2	0	0,20
6	5,7	3,6	2	0	0,19
7	6,2	3,5	2,4	0	0,21
8	6,0	3,5	2,4	0	0,21
9	6,8	4,0	2,6	0	0,20
10	6,2	3,8	2,1	0	0,18

[a] Q_{ebot} est la charge de surface mesurée à l'extrémité terre de l'élément inférieur.
[b] Q_{ibot} est la charge interne mesurée à l'extrémité terre de l'élément inférieur.
[c] Q_{etop} est la charge de surface mesurée à l'extrémité ligne de l'élément supérieur
[d] Q_{itop} est la charge interne mesurée à l'extrémité ligne de l'élément supérieur.

F.9.4 Calculs effectués après cinq cycles

F.9.4.1 Calcul de K_{ie}

Le traitement des données obtenues lors des cinq premiers cycles d'essais sous pollution donne les résultats suivants:

K_{ieM} = 0,166 (c'est-à-dire la moyenne arithmétique des valeurs K_n)

σ = 0,031 (c'est-à-dire l'écart-type des valeurs K_n).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table F.5 – Calculated values of $\Delta T_{z\ max}$ for the selected example

Pollution zone	Duration of pollution event h	$\Delta T_{z\ max}$ K	Need to perform the pollution tests
I	2	1,1	No
	6	0,7	
II	2	7,5	No
	6	7,3	
III	2	54,4	Yes
	6	42,3	
IV	2	124,7	Yes
	6	108,8	

The application of the surge arrester in pollution zones I and II does therefore not require the pollution tests, and the starting temperature of the operating duty test shall be taken as 60 °C.

F.9.3 Salt fog tests

The results of the salt fog tests, at a salinity of 14 kg/m^3, are given in Table F.6.

Table F.6 – Results of the salt fog test for the selected example

Test No.	Q_{ebot} [a] C	Q_{etop} [c] C	Q_{itop} [d] C	Q_{ibot} [b] C	K_n
1	6,7	4,1	2,3	0	0,18
2	5,9	4,2	1,3	0	0,12
3	6,4	4,3	1,8	0	0,15
4	6,7	4,5	2,2	0	0,18
5	5,9	3,5	2,2	0	0,20
6	5,7	3,6	2	0	0,19
7	6,2	3,5	2,4	0	0,21
8	6,0	3,5	2,4	0	0,21
9	6,8	4,0	2,6	0	0,20
10	6,2	3,8	2,1	0	0,18

[a] Q_{ebot} is the surface charge measured at the earth terminal of the bottom unit.
[b] Q_{ibot} is the internal charge measured at the earth terminal of the bottom unit.
[c] Q_{etop} is the surface charge measured at the line terminal of the top unit.
[d] Q_{itop} is the internal charge measured at the line terminal of the top unit.

F.9.4 Calculation performed after five test cycles

F.9.4.1 Calculation of K_{ie}

The elaboration of the data obtained during the first five pollution test cycles gives the following results:

K_{ieM} = 0,166 (i.e. the arithmetical mean of the values K_n)

σ = 0,031 (i.e. the standard deviation of the values K_n).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Le rapport statistique K_{ie} est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$K_{ie} = 0,166 + 2,9 \times 0,031 = 0,256 \quad \text{(F.10)}$$

F.9.4.2 Calcul de ΔT_z et de T_{OD}

Les résultats des calculs de l'augmentation de température estimée en service ΔT_Z (voir F.8.2) correspondant aux différentes zones de pollution sont indiqués dans le Tableau F.7.

Tableau F.7 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 5 cycles pour l'exemple choisi

Zones de pollution	Durée de l'épisode de pollution h	ΔT_z K	T_{OD} °C
III	2	26	60
	6	20	60
IV	2	59	79
	6	51	71

Donc, en cas d'utilisation du parafoudre en zone de pollution III, aucun essai de pollution supplémentaire n'est requis et la température initiale de l'essai de fonctionnement doit être 60 °C, alors que pour la zone de pollution IV, 5 cycles supplémentaires de pollution doivent être effectués.

F.9.5 Calculs effectués après 10 cycles d'essai

F.9.5.1 Calcul de K_{ie}

Le traitement des données obtenues lors des 10 premiers cycles d'essais sous pollution donne les résultats suivants:

K_{ieM} = 0,182 (c'est-à-dire la moyenne arithmétique des valeurs K_n)

σ = 0,028 (c'est-à-dire l'écart-type des valeurs K_n).

Le rapport statistique K_{ie} est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$K_{ie} = 0,182 + 2 \times 0,028 = 0,238 \quad \text{(F.11)}$$

F.9.5.2 Calcul de ΔT_z et de T_{OD}

Les résultats des calculs de l'augmentation de température estimée en service ΔT_z (voir F.8.2) et de la température initiale de l'essai de fonctionnement T_{OD} (voir F.8.3) correspondant aux différentes zones de pollution (dans ce cas, le calcul doit être effectué seulement pour la zone de pollution IV) sont reportés dans le Tableau F.8.

Tableau F.8 – Valeurs calculées de ΔT_z et T_{OD} après 10 cycles pour l'exemple choisi

Zone de pollution	Durée de l'épisode de pollution h	ΔT_z K	T_{OD} °C
IV	2	54	74
	6	47	67

Donc, en cas d'utilisation du parafoudre en zone de pollution IV, la température initiale de l'essai de fonctionnement doit être de 74 °C.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The statistical ratio K_{ie} is calculated according to the following equation:

$$K_{ie} = 0,166 + 2,9 \times 0,031 = 0,256 \quad \text{(F.10)}$$

F.9.4.2 Calculation of ΔT_z and of T_{OD}

The calculation of the expected temperature rise in service ΔT_z (see F.8.2) relevant to the different pollution zones are reported in Table F.7.

Table F.7 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 5 cycles for the selected example

Pollution zone	Duration of pollution event h	ΔT_z K	T_{OD} °C
III	2	26	60
	6	20	60
IV	2	59	79
	6	51	71

Therefore, in the case of application of the surge arrester in pollution zone III, no further pollution test is required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C while, for pollution zone IV, five more pollution test cycles shall be performed.

F.9.5 Calculation performed after 10 test cycles

F.9.5.1 Calculation of K_{ie}

The elaboration of the data obtained during the first 10 pollution test cycles gives the following results:

K_{ieM} = 0,182 (i.e. the arithmetical mean of the values K_n)

σ = 0,028 (i.e. the standard deviation of the values K_n).

The statistical ratio K_{ie} is calculated according to the formula below:

$$K_{ie} = 0,182 + 2 \times 0,028 = 0,238 \quad \text{(F.11)}$$

F.9.5.2 Calculation of ΔT_z and of T_{OD}

The calculation of the expected temperature rise in service ΔT_z (see F.8.2) and of the starting temperature for the operating duty test T_{OD} (see F.8.3) relevant to the different pollution zones (in this case calculation has to be made only for pollution zone IV) are reported in Table F.8.

Table F.8 – Calculated values of ΔT_z and of T_{OD} after 10 cycles for the selected example

Pollution zone	Duration of pollution event h	ΔT_z K	T_{OD} °C
IV	2	54	74
	6	47	67

Therefore, in the case of application of the surge arrester in pollution zone IV, the operating duty test shall be conducted starting at 74 °C.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe G
(informative)

Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres

G.1 Renseignements à fournir dans les appels d'offres

G.1.1 Caractéristiques du réseau

– Tension la plus élevée du réseau.
– Fréquence.
– Tension maximale par rapport à la terre en cas de défaut du réseau (facteur de défaut à la terre ou système de mise à la terre du neutre).
– Durée maximale des défauts à la terre.
– Valeur et durée maximales des surtensions temporaires (défaut à la terre, perte de charge, ferrorésonance).
– Niveau d'isolement du matériel à protéger.
– Courant de court-circuit du réseau à l'emplacement du parafoudre.

G.1.2 Conditions de service

Conditions normales (voir 5.4.1).

Conditions anormales:

a) Conditions ambiantes (voir 5.4.2 et l'Annexe A):
   – niveau de pollution naturelle (voir CEI 60071-2).
b) Réseau:
   – éventualité d'un fonctionnement en survitesse des alternateurs (caractéristique de tension en fonction du temps);
   – fréquence nominale non comprise entre 48 Hz et 62 Hz;
   – perte de charge et défaut à la terre simultanés. Isolation du neutre lors d'un défaut pour une partie d'un réseau normalement relié à la terre;
   – compensation défectueuse du courant de défaut à la terre.

G.1.3 Rôle du parafoudre

a) Raccordement au réseau:
   – phase-terre;
   – neutre-terre;
   – phase-phase.
b) Types de matériels à protéger:
   – transformateurs (reliés à la ligne directement ou par l'intermédiaire de câbles);
   – machines tournantes (reliées à la ligne directement ou par l'intermédiaire de transformateurs);
   – bobines d'inductances;
   – bobines d'inductances HF;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex G
(informative)

Typical information given with enquiries and tenders

G.1 Information given with enquiry

G.1.1 System data

– Highest system voltage.
– Frequency.
– Maximum voltage to earth under system fault conditions (earth fault factor or system of neutral earthing).
– Maximum duration of the earth fault.
– Maximum value of temporary overvoltages and their maximum duration (earth fault, loss of load, ferro-resonance).
– Insulation level of equipment to be protected.
– Short-circuit current of the system at the arrester location.

G.1.2 Service conditions

For normal conditions, see 5.4.1.

Abnormal conditions:

a) For ambient conditions, see 5.4.2 and Annex A:
   – for the natural pollution level, see IEC 60071-2.
b) System:
   – possibility of generator overspeeding (voltage-versus-time characteristics);
   – nominal power frequency other than 48 Hz to 62 Hz;
   – load rejection and simultaneous earth faults. Formation during faults of a part of the system with an insulated neutral in a normally effectively earthed neutral system;
   – incorrect compensation of the earth fault current.

G.1.3 Arrester duty

a) Connection to system:
   – phase to earth;
   – neutral to earth;
   – phase to phase.
b) Type of equipment being protected:
   – transformers (directly connected to a line or via cables);
   – rotating machines (directly connected to a line or via transformers);
   – reactors;
   – HF-reactors;

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- autres matériels de postes;
- postes sous enveloppe métallique (à isolation gazeuse);
- batteries de condensateurs;
- câbles (type et longueur), etc.

c) Longueur maximale du conducteur haute tension entre le parafoudre et le matériel à protéger (distance de protection).

G.1.4 Caractéristiques du parafoudre

- Tension de régime permanent.
- Tension assignée.
- Tension résiduelle aux chocs de courant à front raide.
- Valeur normale du courant nominal de décharge et tensions résiduelles.
- Chocs de courant de manœuvre et tensions résiduelles.
- Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A, classe de décharge de ligne de longue durée (voir 8.4.2).
- Classe du limiteur de pression (courant de court-circuit maximal admissible) (voir 6.11).
- Longueur et forme de la ligne de fuite de l'enveloppe du parafoudre. Choix fondé sur l'expérience de fonctionnement de parafoudres et/ou d'autres types de matériels dans la zone considérée.

G.1.5 Matériels et installations supplémentaires

- Parafoudre blindé.
- Type de montage: sur socle, console, suspendu (indiquer dans quelle position), etc. Préciser si une base isolante est nécessaire pour connecter les compteurs de décharges. Pour les parafoudres montés sur console, indiquer si celle-ci doit être mise à la terre ou pas.
- Orientation du montage si elle n'est pas verticale.
- Déconnecteur/indicateur de défaut du conducteur de mise à la terre, si nécessaire.
- Section transversale de la connexion.

G.1.6 Conditions anormales particulières

Par exemple: fonctionnement très fréquent.

G.2 Renseignements à fournir dans les offres

- Tous les points mentionnés en G.1.4 et G.1.5.

En plus:

- courant et tension de référence à la température ambiante;
- caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps (voir Annexe D);
- tension résiduelle aux chocs de foudre à 0,5, 1 et 2 fois le courant nominal de décharge. Si l'essai de réception sur des parafoudres complets ne peut être effectué à un de ces courants, la tension résiduelle doit en plus être spécifiée pour un courant compris entre 0,01 et 0,25 fois le courant nominal de décharge (voir 6.3 et 8.3);
- fonction du limiteur de pression;
- distances d'isolement. Spécifications de montage;
- possibilités de montage, plans de perçage, base isolante, console;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- other equipment of substations;
- gas-insulated substations (GIS);
- capacitor banks;
- cables (type and length), etc.

c) Maximum length of high-voltage conductor between arrester and equipment to be protected (protection distance).

G.1.4 Characteristics of arrester

- Continuous operating voltage.
- Rated voltage.
- Steep current impulse residual voltage.
- Standard nominal discharge current and residual voltages.
- Switching current impulses and residual voltages.
- For 10 000 A and 20 000 A arresters, respective long-duration discharge class, see 8.4.2.
- Pressure-relief class (short-circuit current capability), see 6.11.
- Length and shape of creepage distance of arrester housing. Selected on the basis of service experience with surge arresters and/or other types of equipment in the actual area.

G.1.5 Additional equipment and fittings

- Metal-enclosed arrester.
- Type of mounting: pedestal, bracket, hanging (in what position) etc. and if insulating base is required for connection of surge counters. For bracket-mounted arresters whether bracket is to be earthed or not.
- Mounting orientation if other than vertical.
- Earth lead disconnector/fault indicator if required.
- Cross-section of connection lead.

G.1.6 Any special abnormal conditions

For example: very frequent operation.

G.2 Information given with tender

- All points from G.1.4 and G.1.5.

In addition:

- reference current and voltage at ambient temperature;
- power-frequency voltage versus time characteristics (see Annex D);
- lightning impulse residual voltage at 0,5, 1 and 2 times the nominal discharge current. If the complete arrester acceptance test cannot be carried out at one of those currents, the residual voltage shall in addition be specified for current in the range of 0,01 to 0,25 times the nominal discharge current, see 6.3 and 8.3;
- pressure-relief function;
- clearances. Mounting specifications;
- possibilities of mounting, drilling plans, insulating base, bracket;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

– type des bornes du parafoudre et taille des conducteurs qu'il est possible d'y raccorder;
– longueur maximale admissible du conducteur entre le parafoudre et le compteur de décharges, et entre le compteur de décharges et la terre;
– dimensions et poids;
– résistance à la flexion.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

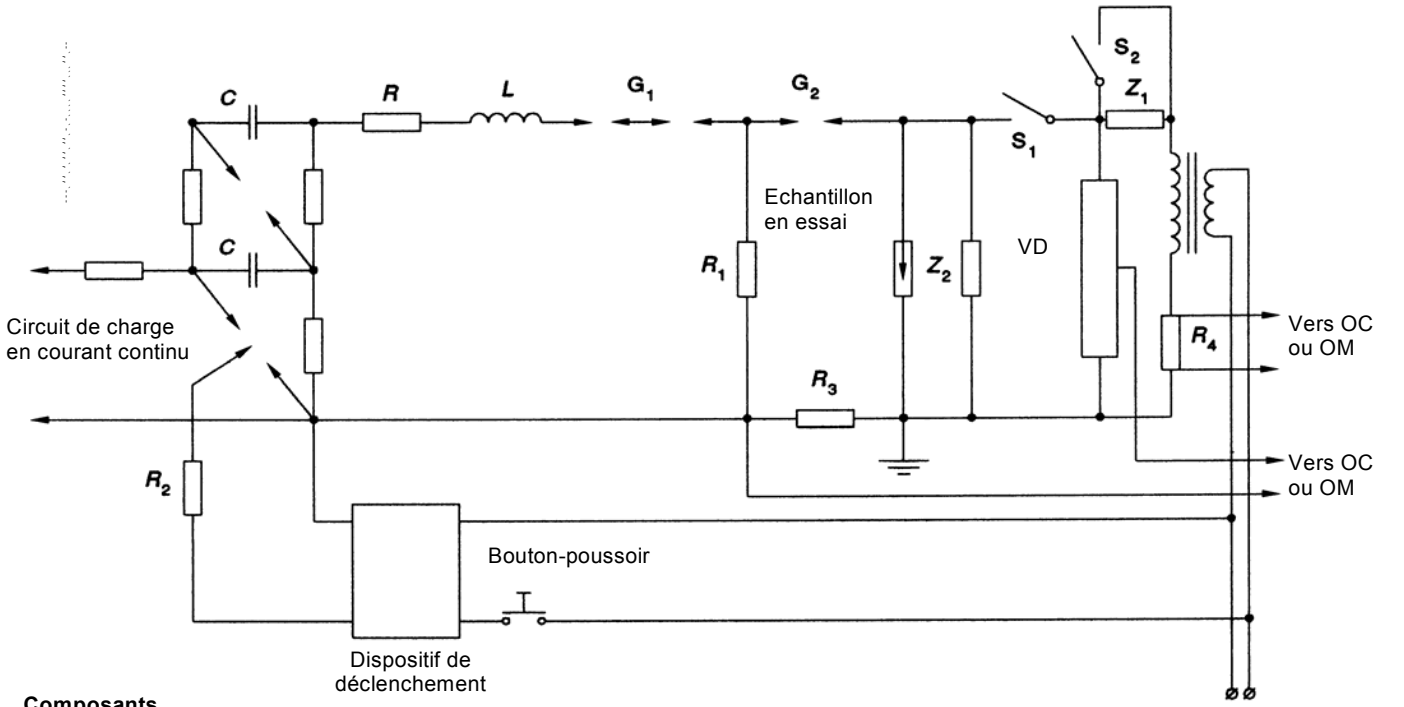
– type of arrester terminals and permissible conductor size;
– maximum permissible length of lead between arrester and surge counter, and between surge counter and earth;
– dimensions and weights;
– cantilever strength.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe H
(informative)

Circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude
(voir 8.5.4)

Cette annexe vise à proposer un circuit approprié (Figure H.1) pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude (voir 8.5.4) et à indiquer le rôle des différents éléments du circuit plutôt que de spécifier un circuit d'essai normal qu'il conviendrait d'utiliser dans tous les essais et en tous lieux. Les prescriptions pour l'essai de fonctionnement telles que la tension à fréquence industrielle et les caractéristiques du choc de courant sont indiquées en 8.5.1 et 8.5.4. La manière exacte dont on remplit ces conditions est sans importance. Il existe de nombreuses variantes possibles pour le choix aussi bien de la disposition du circuit que des valeurs des différents éléments.



Composants

CO oscillographe cathodique
MO oscillographe magnétique
VD diviseur de tension
S interrupteur

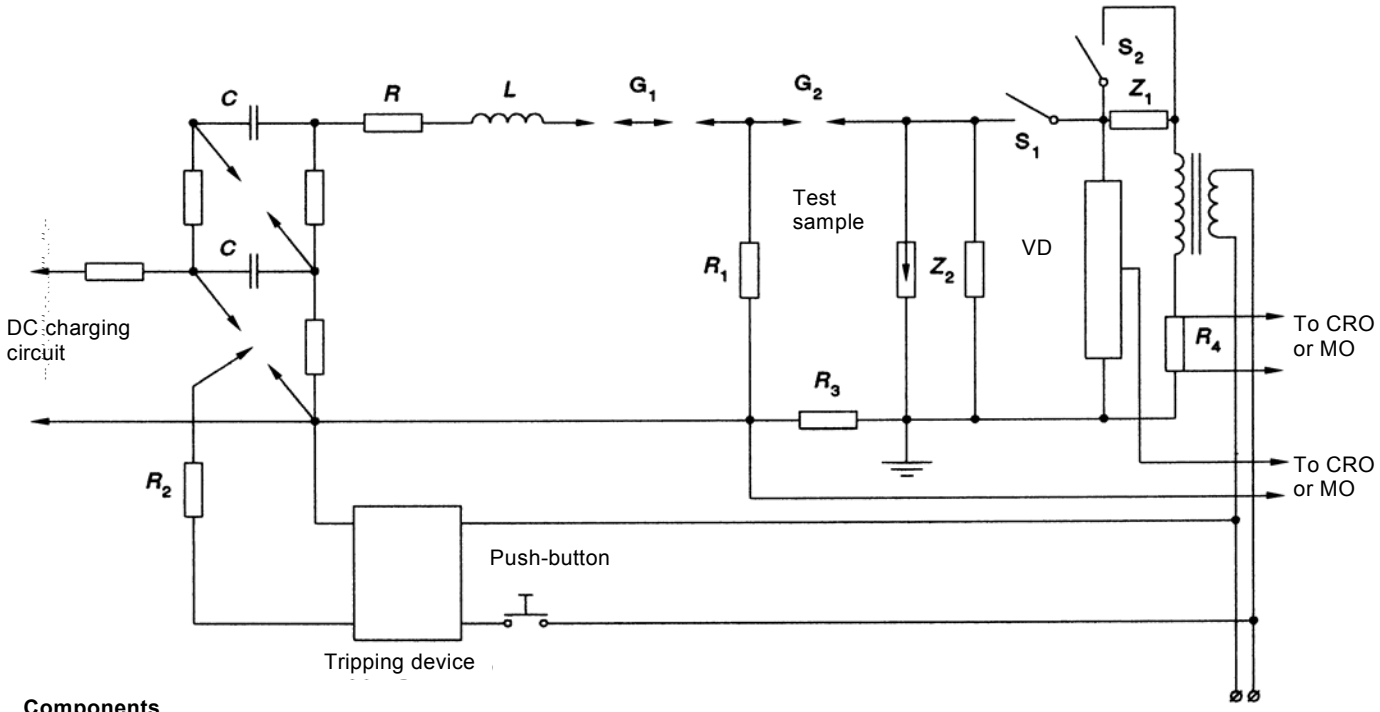
Figure H.1 – Schéma de circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex H
(informative)

Typical circuit for high current impulse operating duty test
(see 8.5.4)

It is the purpose of this annex to suggest a suitable test circuit (Figure H.1) for use in the high current impulse operating duty test (see 8.5.4) and to describe the function of the various circuit components rather than to specify a standard test circuit which should be used in all tests wherever made. The requirements for the operating duty test such as the power-frequency voltage and the characteristics of the current impulse are described in 8.5.1 and 8.5.4. The exact method by which these requirements are met is not important. There are many possible variations in the choice both of the circuit and values for the various components.



Components

CRO cathode-ray oscillograph
MO magnetic oscillograph
VD voltage divider
S switch

Figure H.1 – Typical test circuit diagram for high current impulse operating duty test

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L'échantillon en essai est relié par l'intermédiaire d'un interrupteur S_1 à la source d'alimentation à fréquence industrielle, qui est généralement un transformateur, bien que cela ne soit pas essentiel. Un générateur de chocs, représenté sous la forme d'un circuit à deux étages, bien qu'il puisse ne comporter qu'un seul étage s'il est suffisant, est relié au parafoudre par une résistance R, une inductance L et des éclateurs G_1 et G_2. La forme d'onde du choc de courant est obtenue en choisissant des valeurs convenables pour C, R et L. Un shunt R_3 non inductif de faible résistance et un réducteur de tension V.D. sont utilisés respectivement pour la mesure du courant et de la tension de choc. Un shunt R_4 inséré dans la connexion de terre du transformateur de puissance est utilisé pour l'enregistrement du courant à fréquence industrielle traversant le parafoudre.

L'éclateur qui isole le générateur de chocs du parafoudre peut avoir des formes diverses. Dans le modèle indiqué, la résistance R_1, si elle est utilisée, peut être de l'ordre du mégohm et sert à maintenir un point de l'éclateur multiple au potentiel de la terre quand aucun courant ne circule. La partie G_1 de l'éclateur n'est ainsi soumise à aucune tension à fréquence industrielle. La partie G_2 de l'éclateur est aussi petite que le permet la tenue de la tension à fréquence industrielle. Z_1 et Z_2 sont les impédances qui, par l'intermédiaire de l'interrupteur S_2, peuvent être utilisées pour régler les tensions à fréquence industrielle (U_r^* et U_c^* respectivement) aux bornes de l'échantillon en essai tout en respectant les prescriptions pour la source à fréquence industrielle spécifiées en 8.5.1.

Le courant venant de la source à fréquence industrielle peut être enregistré soit au moyen d'un oscillographe magnétique, soit d'un oscillographe cathodique si les précautions nécessaires sont prises. La tension à fréquence industrielle peut être enregistrée avec un oscillographe magnétique ou un oscillographe cathodique en utilisant un diviseur de tension ou un transformateur de tension.

Le générateur de chocs peut être déclenché comme montré à la Figure H.1 par l'intermédiaire d'un dispositif de déclenchement. Ce dernier applique une impulsion à haute tension à l'électrode médiane de l'éclateur triple du générateur de chocs. Une résistance élevée R_2 empêche le passage d'un courant de choc appréciable dans le circuit de déclenchement. Le déclenchement du générateur de chocs peut être provoqué au moyen d'un bouton poussoir.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The test sample is connected via a switch S_1 to the power-frequency supply, usually a transformer, although this is not essential. An impulse generator, shown as a two-stage circuit although it may be a single-stage circuit if adequate, is connected to the arrester through a resistor R, an inductor L and spark gaps G_1 and G_2. The wave-shape of the current impulse is controlled by selecting suitable values for C, R and L. A low-resistance non-inductive shunt R_3 and a voltage divider V.D. are shown for the measurements of impulse current and voltage respectively. A shunt R_4 is shown in the leads from the power transformer for recording the power frequency current through the arrester.

The spark gap which isolates the impulse generator from the arrester may be of various forms. In the type of gap shown, the resistor R_1, if used, may be of the order of a megohm and serves to maintain a point in the multiple spark gap at earth potential when no current is flowing. Part G_1 of the gap is not, therefore, submitted to any of the power-frequency voltage. Part G_2 of the gap is made as small as is consistent with its ability to withstand the power-frequency voltage. Z_1 and Z_2 are impedances that by the switch S_2 could be used to control the power-frequency voltages (U_r^* and U_c^* respectively) across the test sample, still fulfilling the power-frequency source requirements specified in 8.5.1.

The current from the power-frequency source may be recorded either by a magnetic oscillograph or a cathode ray oscillograph if proper precautions are taken. The power-frequency voltage may be recorded by a magnetic oscillograph or a cathode ray oscillograph through a voltage divider or a potential transformer.

The impulse generator may be tripped, as shown in Figure H.1, through a tripping device. This applies a high-voltage pulse to the centre electrode of the three electrode gap in the impulse generator. A high-resistance R_2 prevents appreciable impulse current flowing in the tripping circuit. The tripping of the impulse generator may be initiated by means of a push button.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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)

Cette annexe vise à proposer le principe d'un circuit d'essai approprié à l'essai de tenue aux chocs de courant de longue durée et d'indiquer le rôle des différents éléments du circuit plutôt que de spécifier un circuit d'essai normal, qu'il conviendrait d'utiliser dans tous les essais.

La spécification des essais indique les prescriptions concernant la forme d'onde, la durée, l'énergie injectée dans l'échantillon essayé, l'intervalle entre les chocs, etc.

La manière exacte dont on remplit ces conditions est sans importance. Il existe de nombreuses variantes possibles à la fois dans la disposition du circuit et dans le choix des valeurs des différents éléments. La Figure I.1 représente un schéma simplifié d'un générateur de chocs à constantes réparties. L'impédance d'onde du générateur correspond à

$Z = \sqrt{L/C}$, en négligeant la résistance.

Le nombre d'étages *LC* du générateur doit être normalement d'environ 10, en vue d'obtenir une forme d'onde acceptable. La limitation des oscillations au début et à la fin de la crête de l'onde peut exiger une augmentation des inductances aux deux extrémités du générateur ainsi que l'adjonction de résistances en parallèle *R* destinées à compenser la réduction de la raideur du front provenant de l'augmentation des inductances.

L'éclateur de déclenchement peut être un simple interrupteur. Si un générateur de choc auxiliaire est utilisé pour provoquer la décharge du générateur à constantes réparties, l'énergie emmagasinée par le premier ne doit pas dépasser 0,5 % de l'énergie emmagasinée par le dernier.

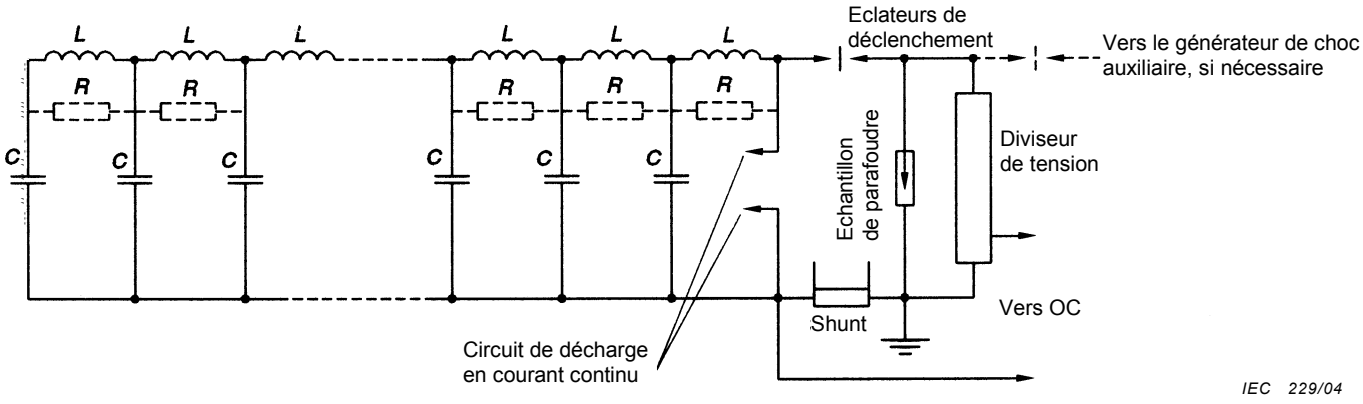


Figure I.1 – Circuit type de générateur de chocs à constantes réparties pour l'essai aux chocs de courant de longue durée

On doit enregistrer le courant traversant l'échantillon de parafoudre et la tension à ses bornes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex I
(informative)

Typical circuit for a distributed constant impulse generator for the long duration current impulse withstand test
(see 8.4)

It is the purpose of this annex to give the principle of a suitable test circuit for use in the long-duration current impulse withstand test and to describe the function of the various circuit components rather than to specify a standard test circuit which should be used in all tests.

The requirements of waveshape, duration, energy injected into the test sample and interval between impulses etc. are given in the test specification.

The exact method by which these requirements are met is immaterial. There are many possible variations both in the arrangement of the circuit and in the choice of values for the various components. Figure I.1 shows a simplified diagram of a distributed constant impulse generator. The surge impedance of the generator is determined by

$$Z = \sqrt{L/C}$$, when neglecting the resistance.

The number of *LC* sections of the generator will normally be about 10 to produce an acceptable waveshape. To limit the oscillations at the beginning and at the end of the peak of the wave, it may be necessary to increase the inductances at both ends of the generator as well as to introduce parallel resistors *R* to compensate for the reduced front steepness caused by the increased inductances.

The triggering gap can be a simple switch. If an auxiliary impulse generator is used to initiate the discharge of the distributed constant generator, the stored energy of the former shall not exceed 0,5 % of the stored energy of the latter.

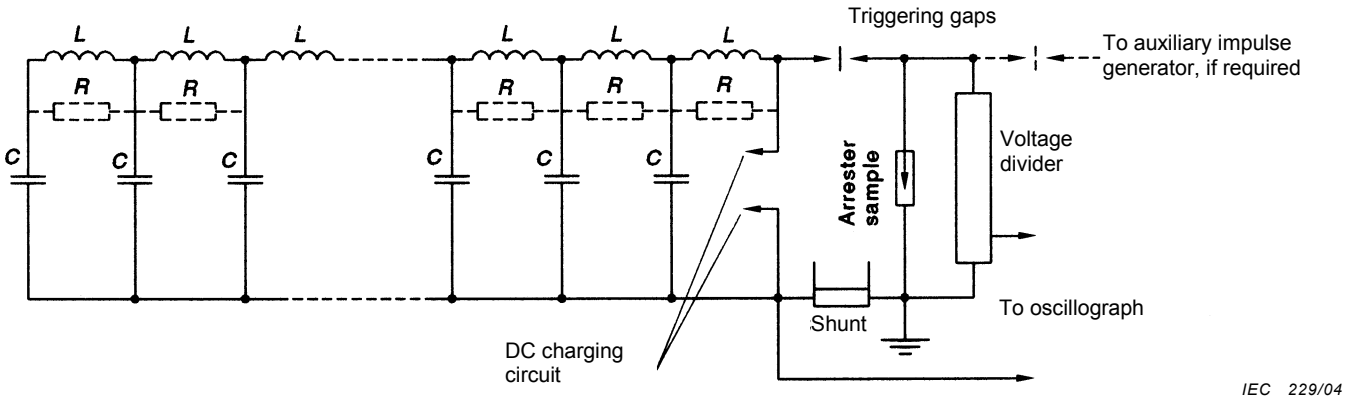


Figure I.1 – Typical distributed constant impulse generator for the long-duration impulse test

The current through, and the voltage across, the arrester sample shall be recorded.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe J
(informative)

Tensions résiduelles maximales typiques

Tableau J.1 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 20 000 A et 10 000 A
Valeurs rapportées à la tension assignée

Tension assignée U_r	**20 000 A** kV (crête)/U_r			**10 000 A** kV (crête)/U_r		
kV eff.	**Front raide** [a]	**Foudre** [b]	**Manœuvre** [c]	**Front raide** [a]	**Foudre** [b]	**Manœuvre** [c]
3 – 29				2,6 – 4,0	2,3 – 3,6	2,0 – 2,9
30 – 132	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,7	2,3 – 3,3	2,0 – 2,6
144 – 342	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,7	2,3 – 3,3	2,0 – 2,6
360 – 756	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3

NOTE Le tableau donne la gamme des tensions résiduelles maximales normalement obtenues. Les valeurs inférieures correspondent normalement aux parafoudres de classe élevée de décharge de ligne et vice-versa.

[a] Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide (voir 8.3.1).

[b] Niveau de protection aux chocs de foudre (voir 8.3.2).

[c] Niveau de protection aux chocs de manœuvre (voir 8.3.3).

Tableau J.2 – Tensions résiduelles pour les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A
Valeurs rapportées à la tension assignée

Tension assignée U_r	**5 000 A** kV (crête)/U_r		**2 500 A** kV (crête)/U_r		**1 500 A** kV (crête)/U_r	
kV eff	**Front raide** [a]	**Foudre** [b]	**Front raide** [a]	**Foudre** [b]	**Front raide** [a]	**Foudre** [b]
0,175 – 2,9	2,7 – 4,0	2,4 – 3,6	3,7 – 5,0	3,3 – 4,5	4,5 – 6,7	4,0 – 6,0
3 – 29	2,7 – 4,0	2,4 – 3,6	4,0	3,6		
30 – 132	2,7 – 3,7	2,4 – 3,6	4,0	3,6		

NOTE Le tableau donne la gamme des tensions résiduelles maximales normalement obtenues.

[a] Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide (voir 8.3.1).

[b] Niveau de protection aux chocs de foudre (voir 8.3.2).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex J
(informative)

Typical maximum residual voltages

Table J.1 – Residual voltages for 20 000 A and 10 000 A arresters in per unit of rated voltage

Rated voltage U_r kV r.m.s.	**20 000 A** kV (peak)/U_r			**10 000 A** kV (peak)/U_r		
	Steep[a]	**Lightning**[b]	**Switching**[c]	**Steep**[a]	**Lightning**[b]	**Switching**[c]
3 – 29				2,6 – 4,0	2,3 – 3,6	2,0 – 2,9
30 – 132	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,7	2,3 – 3,3	2,0 – 2,6
144 – 342	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,7	2,3 – 3,3	2,0 – 2,6
360 – 756	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3	2,6 – 3,1	2,3 – 2,8	2,0 – 2,3

NOTE The table gives the range of maximum residual voltages normally available. Low values refer normally to arresters with high line discharge class and vice versa.

[a] For steep current impulse residual voltage test, see 8.3.1.

[b] For lightning impulse protection level, see 8.3.2.

[c] For switching impulse protection level, see 8.3.3.

Table J.2 – Residual voltages for 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters in per unit of rated voltage

Rated voltage U_r kV r.m.s.	**5 000 A** kV (peak)/U_r		**2 500 A** kV (peak)/U_r		**1 500 A** kV (peak)/U_r	
	Steep[a]	**Light-ning**[b]	**Steep**[a]	**Light-ning**[b]	**Steep**[a]	**Light-ning**[b]
0,175 – 2,9	2,7 – 4,0	2,4 – 3,6	3,7 – 5,0	3,3 – 4,5	4,5 – 6,7	4,0 – 6,0
3 – 29	2,7 – 4,0	2,4 – 3,6	4,0	3,6		
30 – 132	2,7 – 3,7	2,4 – 3,6	4,0	3,6		

NOTE The table gives the range of maximum residual voltages normally available.

[a] For steep current impulse residual voltage test, see 8.3.1.

[b] For lightning impulse protection level, see 8.3.2.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe K
(informative)

Procédure d'essai de vieillissement – Loi d'Arrhénius – Problèmes liés aux températures plus élevées

La loi d'Arrhénius a donné bonne confiance en la durée de vie prévisible des résistances à oxyde métallique. C'est la base pour l'essai de vieillissement actuel (voir 8.5.2). Conformément à la présente norme, la limite supérieure de la température ambiante de l'air pour les parafoudres à oxyde métallique est +40 °C. Pour certains parafoudres tels les parafoudres pour prise ou les parafoudres immergés, la limite supérieure de la température ambiante du milieu dans lequel fonctionne le parafoudre est plus élevée (respectivement +65 °C et +95 °C).

Le taux d'accélération de vieillissement est estimé de façon raisonnable par le facteur d'accélération $AF_T = 2{,}5^{(\Delta T/10)}$ où ΔT est la différence entre la température d'essai et la limite supérieure de la température ambiante associée au produit.

Le Tableau K.1 donne des exemples de durée de vie minimale prévisible, démontrée à partir d'un essai de vieillissement 1 000 h à 115 °C, comme décrit en 8.5.2.

Tableau K.1 – Durée de vie minimale prévisible démontrée

Limite supérieure de la température ambiante °C	Durée de vie minimale prévisible démontrée Années
40	110
65	11
95	0,7
NOTE La durée de vie minimale prévisible démontrée est obtenue en multipliant la durée de 1 000 h par le facteur d'accélération.	

L'essai de 1 000 h ne donne pas d'assurance suffisante sur la durée de vie minimale prévisible aux températures ambiantes les plus élevées. Afin d'améliorer cette situation, des augmentations de la température, de la tension ou de la durée d'essai pourraient être envisagées.

En général, il n'est pas acceptable d'accroître la température d'essai au-delà de 115 °C, car cela pourrait changer la physique du vieillissement et rendrait la loi d'Arrhenius non applicable. Accroître la tension d'essai n'est pas acceptable non plus, car ce facteur n'est pas reconnu comme étant un facteur d'accélération.

La seule possibilité restant est d'augmenter la durée d'essai. Le Tableau K.2 montre la relation existant entre la durée d'essai et la durée équivalente pour différentes limites supérieures de la température ambiante.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex K
(informative)

Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures

The Arrhenius law has provided good confidence on life expectancy of metal-oxide blocks. It is the basis for the present ageing test procedure (see 8.5.2). The upper limit for the normal ambient air temperature for metal-oxide arresters according to this standard is 40 °C. For some arresters, such as dead-front or liquid-immersed, the upper limit of the ambient temperature of the medium in which the arrester operates is higher (respectively +65 °C and +95 °C).

The accelerated rate of ageing is reasonably estimated by the acceleration factor $AF_T = 2{,}5^{(\Delta T/10)}$ where ΔT is the difference between the test temperature and the upper limit of the ambient temperature associated with the product.

Table K.1 provides examples of the minimum demonstrated lifetime prediction given by a 1 000 h ageing test at 115 °C, as described in 8.5.2.

Table K.1 – Minimum demonstrated lifetime prediction

Upper limit of ambient temperature °C	**Minimum demonstrated lifetime prediction** Years
40	110
65	11
95	0,7
NOTE The minimum demonstrated lifetime prediction is obtained by multiplying the 1 000 h by the acceleration factor.	

The 1 000 h test does not give enough confidence in minimum lifetime expectancy for the highest ambient temperature. To improve the situation, increasing the test temperature, test voltage or test duration could be considered.

In general, it is not acceptable to increase the test temperature above 115 °C as it may change the physics of ageing, rendering the Arrhenius law non-applicable. Increasing the test voltage is not acceptable either, as this factor is not established as an acceleration factor.

The only remaining possibility is to increase the test duration. Table K.2 shows the relationship between test duration and the equivalent time for different upper limits of the ambient temperature.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau K.2 – Relation entre durée d'essai à 115 °C et durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante

Limite supérieure de la température ambiante °C	Durée d'essai à 115 °C h	Durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante Années
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

Si ces durées équivalentes à température de fonctionnement constante ne sont pas acceptables pour l'utilisateur, le temps d'essai peut être augmenté après accord entre le constructeur et l'utilisateur. En alternative, s'il peut être démontré que la loi d'Arrhenius s'applique toujours, une température plus élevée peut être utilisée après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table K.2 – Relationship between test durations at 115 ºC and equivalent time at upper limit of ambient temperature

Upper limit of ambient temperature °C	Test duration at 115 °C h	Equivalent time at upper limit of ambient temperature Years
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

If these equivalent times at continuous use temperature are not acceptable to the user, the testing time may be increased after agreement between the manufacturer and the user. Alternatively, if it can be demonstrated that the Arrhenius law still applies, a higher temperature may be used after agreement between the manufacturer and the user.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe L
(informative)

Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique

L.1 Généralités

La répartition de tension dans un parafoudre à oxyde métallique dépend de la capacité et de la résistance électriques des résistances non linéaires, des capacités parasites entre la colonne de résistances non linéaires, des brides métalliques, des parties reliées à la terre ou sous tension et des conditions limites (tension appliquée, proximité et tension appliquée aux objets environnants). Les capacités parasites produisent une répartition de tension inégale le long de la colonne de résistances, avec la contrainte de tension maximale apparaissant généralement dans la partie supérieure du parafoudre.

La tension d'essai U_{ct} pour la procédure d'essai de vieillissement accéléré (voir 8.5.2) est déduite de la contrainte de tension maximale qui apparaît le long de la colonne de résistances non linéaires. La répartition de tension peut être déterminée par des calculs de champ électrique et de circuits facilement disponibles. Les résultats de ces calculs dépendent cependant de la représentation du parafoudre et des principales conditions aux limites. Cette annexe vise à fournir des conseils de base pour la représentation de la géométrie du parafoudre et de ses caractéristiques électriques, ainsi que des informations générales sur la modélisation des conditions aux limites.

En raison de la complexité et des multiples possibilités d'installation d'un parafoudre, des représentations simplifiées de la géométrie du parafoudre ou des conditions limites sont souvent nécessaires pour faciliter le calcul de la répartition de tension pour une conception de parafoudre donnée. Différents degrés de simplification de la géométrie du parafoudre sont exposés à l'Article L.2, et une représentation simplifiée des conditions aux limites pour des installations triphasées est proposée à l'Article L.3. Pour la modélisation d'autres types de parafoudres, par exemple des parafoudres blindés, aucun conseil n'est donné puisque les géométries et les conditions aux limites sont en principe bien définies.

La procédure de calcul peut être menée de deux façons différentes, selon le degré de complexité de la représentation électrique de la colonne de résistances non linéaires, comme décrite à l'Article L.4.

Des exemples de calcul de champ électrique, représentant une installation extérieure type, sont présentés à l'Article L.5.

L.2 Modélisation du parafoudre

Etant donné l'importance des capacités parasites pour la répartition de tension le long de la colonne de résistances non linéaires, il faut que l'influence des différentes simplifications du modèle de parafoudre soit considérée par rapport à ces capacités. Une série de calculs du champ électrique, effectués sur la base d'une représentation axisymétrique du parafoudre, ont donné les résultats suivants en fonction du degré de simplification du modèle de parafoudre.

– Il convient que la colonne de résistances non linéaires, y compris les entretoises métalliques, soient représentées avec leurs dimensions et leur permittivité réelles. Une colonne de résistances non linéaires «équivalente» de diamètre supérieur, et une permittivité réduite proportionnellement, conduisent à une contrainte de tension maximale supérieure.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex L
(informative)

Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters

L.1 General

The voltage distribution along a metal-oxide surge arrester is governed by the capacitances and the resistances of the non-linear resistors, the stray capacitances from the non-linear resistor column and metal flanges to earthed and live parts, and the boundary conditions (applied voltage, proximity and voltage applied to other objects in the vicinity). Stray capacitances result in uneven voltage distribution along the resistor column, with the maximum voltage stress typically appearing in the upper part of the arrester.

The test voltage U_{ct} for the accelerated ageing procedure (see 8.5.2) is found from the maximum voltage stress appearing along the non-linear resistor column. The voltage distribution may be determined by means of commonly available computer programs for calculation of electric fields and circuits. The results of such calculations are, however, dependent on the representations of the surge arrester and the prevailing boundary conditions. The aim of this annex is to provide basic guidance on the representation of the surge arrester geometry and its electrical characteristics, along with general information on the modelling of the boundary conditions.

Due to the complexities and variations in surge-arrester installations, simplified representations of arrester geometries and boundary conditions are often needed to facilitate computations of voltage distribution for a given arrester design. Different degrees of simplification of the arrester geometry are discussed in Clause L.2, and a simplified representation of the boundary conditions for three-phase installations is proposed in Clause L.3. For modelling of other surge arrester designs, for example, GIS arresters, no guidance is given since geometries and boundary conditions are normally well defined.

The calculation procedure may be carried out in two different ways depending on the degree of complexity in the electrical representation of the non-linear resistor column, as described in Clause L.4.

Examples of electric field calculations, representing a typical outdoor arrester installation, are presented in Clause L.5.

L.2 Modelling of the surge arrester

Since the stray capacitances are important to the voltage distribution along the non-linear resistor column, the influence of various simplifications in the surge arrester model must be considered with respect to these capacitances. A series of electric field calculations, carried out using an axi-symmetric representation of the arrester, have given the following results with respect to the degree of simplification to the arrester model.

– The non-linear resistor column, including any metal spacers, should be represented by its actual dimensions and permittivity. An "equivalent" non-linear resistor column of larger diameter, and correspondingly decreased permittivity, results in a higher maximum voltage

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

De la même façon, si on remplace la colonne de résistances non linéaires avec ses entretoises réelles par une colonne «équivalente» sans entretoise, avec une permittivité accrue proportionnellement, on obtient également une contrainte de tension maximale supérieure.

– L'enveloppe peut être représentée par un cylindre de diamètre intérieur égal au diamètre intérieur de l'enveloppe réelle et d'épaisseur radiale égale à l'épaisseur de la paroi de l'enveloppe réelle. Il convient que la permittivité soit celle du matériau de l'enveloppe réelle, à savoir de la porcelaine ou d'un matériau synthétique. Les ailettes peuvent être omises dans la mesure où leur influence sur la répartition de tension est négligeable.
– Il convient que le matériau entre l'isolateur et la colonne de résistances non linéaires (par exemple un gaz ou un matériau de remplissage) soit modélisé avec ses dimensions et sa permittivité réelles.
– Les brides métalliques peuvent être représentées par des cylindres dont les diamètres sont égaux au diamètre extérieur maximal des brides réelles et dont les hauteurs sont égales aux hauteurs des brides réelles.
– Les anneaux de répartition de potentiel peuvent être représentés par des formes toroïdales dont les dimensions et l'emplacement physique sont les mêmes que les éléments toroïdaux des anneaux réels. L'omission des bras de fixation, qu'il est impossible de représenter dans un modèle axisymétrique, peut conduire à une surestimation de la contrainte de tension maximale. La représentation des bras de fixation dans des modèles à axe de symétrie et dans des modèles tridimensionnels est exposée à l'Article L.5.
– S'il est utilisé, le socle peut être représenté par un cylindre dont la section transversale permet de contenir la section transversale maximale du socle réel et dont la hauteur est égale à celle du socle réel. Réduire la hauteur du socle conduit à une contrainte de tension maximale supérieure dans la partie supérieure du parafoudre.
– Il convient que le câble haute tension soit représenté par un conducteur cylindrique vertical dont le diamètre n'est pas supérieur au diamètre du conducteur de ligne réel. Omettre le câble haute tension entraîne une contrainte de tension maximale supérieure dans la partie supérieure du parafoudre.

L.3 Modélisation des conditions aux limites

Dans le cas de parafoudres pour installation extérieure triphasée type, par exemple dans un poste, les conditions aux limites sont déterminées par les distances qui les séparent des structures mises à la terre et des phases adjacentes. En général, il s'agit d'un véritable problème de champ électrique tridimensionnel, où il est nécessaire que l'amplitude et l'angle de phase des tensions appliquées soient pris en considération.

La procédure de calcul peut être simplifiée en réduisant la configuration d'origine triphasée tridimensionnelle (3D) à une configuration équivalente axisymétrique monophasée, qui peut être traitée grâce à un logiciel de calcul bidimensionnel (2D) facilement disponible. La configuration axisymétrique équivalente s'obtient en projetant le parafoudre au centre d'un cylindre mis à la terre, dont le rayon est déterminé par la distance minimale entre phase et terre recommandée par le constructeur. Il convient que la hauteur du cylindre mis à la terre soit à égale à 1,5 fois la hauteur totale du parafoudre, socle compris.

NOTE La configuration équivalente axisymétrique est valable pour une installation triphasée type, avec les trois parafoudres alignés, parallèlement à une structure mise à la terre, à une distance égale à la distance minimale recommandée entre phase et terre et avec la distance minimale recommandée entre phases, selon la représentation de la Figure L.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

stress. Similarly, replacing the actual non-linear resistor/spacer column with an "equivalent" column without spacers, and with a correspondingly increased permittivity, also results in a higher maximum voltage stress.

– The housing may be represented by a cylinder having an inner diameter equal to the inner diameter of the actual housing and radial thickness equal to the wall thickness of the actual housing. The permittivity should be that of the actual housing material, for example, porcelain or polymer. The sheds may be omitted since they have a negligible influence on the voltage distribution.

– The material between the insulator and the non-linear resistor column (for example, gas or any filling material) should be modelled with its actual dimensions and permittivity.

– The metal flanges may be represented by cylinders having diameters equal to the maximum outer diameter of the actual flanges and heights equal to the heights of the actual flanges.

– The grading rings may be represented by toroids of the same dimensions and physical location as the toroidal elements of the actual grading rings. Omitting the support members, which it is not possible to represent in an axi-symmetric model, may result in an over-estimation of the maximum voltage stress. The representation of the support members in axi-symmetric and three-dimensional models is discussed further in Clause L.5.

– The pedestal, if used, may be represented by a cylinder having a cross-sectional area sufficient to contain the maximum cross-section of the actual pedestal and a height equal to the actual pedestal. Reducing the height of the pedestal results in a higher maximum voltage stress in the upper part of the arrester.

– The high-voltage lead should be represented by a vertical cylindrical conductor of a diameter not greater than the diameter of the actual line lead. Omitting the high-voltage lead results in a higher maximum voltage stress in the upper part of the arrester.

L.3 Modelling of the boundary conditions

For surge arresters in typical three-phase outdoor installations, for example, in substations, the boundary conditions are determined by the distances to earthed structures and adjacent phases. In general, this is a truly three-dimensional electric field problem, where both the magnitude and the phase angle of the applied voltages need to be considered.

The calculation procedure may be simplified by reducing the original three-phase, three-dimensional (3D) configuration to an equivalent single-phase, axi-symmetric configuration, which can be treated by generally available two-dimensional (2D) calculation software. The equivalent axi-symmetric configuration is obtained by modelling the arrester in the centre of an earthed cylinder having a radius determined by the minimum phase-to-earth clearance recommended by the manufacturer. The height of the earthed cylinder should be 1,5 times the total height of the arrester plus the pedestal.

NOTE The equivalent axi-symmetric configuration is valid for a typical three-phase installation with the three arresters positioned on a straight line in parallel to an earthed structure, at a distance equal to the minimum recommended phase-to-earth clearance and with the minimum recommended phase-to-phase clearance, as shown in Figure L.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.4 Procédure de calcul

La procédure de calcul peut être menée de deux façons différentes, comme décrit en L.4.1 et L.4.2, selon la façon dont les propriétés électriques de la colonne de résistances non linéaires sont représentées. La représentation de la capacité seule (voir L.4.1) donnera toujours des résultats plus sévères que la représentation combinée capacité/résistance (voir L.4.2), qui conduit à des contraintes moindres mais plus réalistes. Toute autre procédure de calcul qui aboutit aux mêmes résultats ou à des résultats plus sévères peut également être utilisée.

L.4.1 Représentation capacitive de la colonne de résistances non linéaires

Dans ce cas, la colonne de résistances non linéaires est représentée exclusivement par sa capacité électrique (permittivité), en négligeant l'influence de la composante résistive. Cette approximation restrictive est justifiée tant que la contrainte de tension maximale calculée correspond à une tension d'essai U_{ct} inférieure à la tension de référence des résistances. Il convient que la contrainte de tension maximale soit déterminée sur une distance axiale qui ne dépasse pas 3 % de la longueur totale du parafoudre.

L.4.2 Représentation capacitive et résistive de la colonne de résistances non linéaires

Dans ce cas, la colonne de résistances non linéaires est représentée par sa capacité électrique en parallèle avec sa caractéristique résistive non linéaire. Cette représentation de la colonne de résistances non linéaires conduit à une contrainte de tension maximale calculée plus réaliste que dans le cas d'une représentation de la capacité seule, plus sévère.

En premier lieu, un calcul du champ électrique est effectué pour déterminer les capacités parasites à la terre. Ensuite, la caractéristique résistive est introduite et la répartition de tension est calculée en modélisant un circuit électrique. En général, un processus de calcul itératif est nécessaire en raison de la dépendance de la résistance à la température. Toutefois, il convient d'utiliser, comme approximation raisonnable, la caractéristique résistive à +20 °C.

La Figure L.2 représente le circuit équivalent simplifié à plusieurs étages d'un parafoudre, qui peut être utilisé avec un programme de calcul de circuit électrique pour déterminer la répartition de tension en prenant en compte les effets capacitifs et résistifs. Le parafoudre est modélisé par des résistances qui dépendent de la tension appliquée et les capacités représentent la colonne de résistances non linéaires et les capacités parasites à la terre. Chaque étage du circuit équivalent peut représenter une résistance non linéaire à oxyde métallique en cas extrême, ou une fraction de la colonne de résistances non linéaires. Il convient que la longueur de chaque fraction ne dépasse pas 3 % de la longueur totale du parafoudre.

A partir des tensions obtenues aux nœuds avec, exclusivement, un calcul du type capacitif du champ électrique, conformément à L.4.1, les capacités parasites à la terre peuvent être déterminées comme suit:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \ldots, n - 1)$$

où

U_x est la tension au niveau du nœud x;

$C_{MO,x}$ est la capacité de la fraction x;

$C_{e,x}$ est la capacité parasite à la terre au niveau du nœud x;

n est le nombre de fractions.

NOTE Ces calculs peuvent fournir des valeurs négatives dans certains cas. Cela est dû au modèle choisi, avec toutes les capacités parasites reliées à la terre. On peut éviter des valeurs négatives en utilisant des modèles ayant des représentations différentes des capacités parasites.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.4 Calculation procedure

The calculation procedure may be performed in two different ways, as described in L.4.1 and L.4.2, depending on how the electrical properties of the non-linear resistor column are represented. The exclusively capacitive representation (see L.4.1) will always give conservative results in comparison with the combined capacitive/resistive representation (see L.4.2), which gives lower but more realistic stresses. Any other calculation procedure that leads to the same or more conservative results may also be used.

L.4.1 Capacitive representation of the non-linear resistor column

In this case, the non-linear resistor column is represented exclusively by its capacitance (permittivity), neglecting the influence of the resistive characteristic. This conservative approximation is justified as long as the calculated maximum voltage stress corresponds to a test voltage U_{ct} that is below the reference voltage of the resistors. The maximum voltage stress should be determined over an axial distance not exceeding 3 % of the total arrester length.

L.4.2 Capacitive and resistive representation of the non-linear resistor column

Here, the non-linear resistor column is represented by its capacitance in parallel to its non-linear resistive characteristic. This representation of the non-linear resistor column results in a more realistic calculated maximum voltage stress compared to the case with the more conservative capacitance-only representation.

Firstly, a capacitive electric field calculation is carried out to determine the stray capacitances to earth. Secondly, the resistive characteristic is introduced and the voltage distribution is calculated by means of electric circuit analysis. In general, an iterative calculation process is required due to the temperature dependence of the resistance. However, as a reasonably conservative approximation, the constant resistive characteristic at +20 °C should be used.

Figure L.2 shows a simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester, which may be used with an electric circuit analysis program to determine the voltage distribution considering both capacitive and resistive effects. The arrester is modelled by the voltage-dependent resistances, the capacitances representing the non-linear resistor column and the stray capacitances to earth. Each stage of the equivalent circuit may represent one single metal-oxide non-linear resistor, as the extreme case, or a section of the non-linear resistor column. The length of each section should not exceed 3 % of the total arrester length.

With the node voltages obtained by an exclusively capacitive electric field calculation in accordance with L.4.1, the stray capacitances to earth may be derived as follows:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \ldots, n - 1)$$

where

U_x is the voltage at node x;

$C_{MO,x}$ is the capacitance of section x;

$C_{e,x}$ is the stray capacitance to earth at node x;

n is the number of sections.

NOTE These calculations may result in negative values in certain cases. This is a consequence of the chosen model, with all the stray capacitances connected to earth. By using other models with different representations of stray capacitances, negative values may be avoided.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.4.3 Détermination de U_{ct}

Le rapport entre U_{ct} et U_c dans la procédure d'essai de vieillissement accéléré (voir 8.5.2) est déterminé en divisant la contrainte de tension maximale calculée le long de la colonne complète de résistances non linéaires (alimentée à $U = U_c$), par la contrainte de tension moyenne sur sa longueur.

L.5 Exemples de calcul

Des exemples de calculs de la répartition de tension axiale pour un parafoudre à oxyde métallique type ont été effectués en utilisant deux méthodes de calcul différentes: la méthode à éléments finis (MEF) et la méthode à éléments limites (MEL). La méthode à éléments finis a été utilisée uniquement pour les calculs 2D, tandis que la méthode à éléments limites a été utilisée pour les calculs 2D et 3D.

Les exemples de calcul ont été effectués en utilisant la représentation capacitive et la représentation capacitive/résistive. Le modèle de parafoudre utilisé dans ces calculs est une représentation simplifiée d'un parafoudre type à plusieurs unités, avec une enveloppe porcelaine (voir Figure L.3a).

L.5.1 Modélisation du parafoudre et conditions aux limites

Les simplifications pour la modélisation du parafoudre ont été effectuées conformément à l'Article L.2, sauf pour les anneaux de répartition de potentiel, pour lesquels des approches différentes ont été adoptées, comme explicité ci-après.

On a supposé que le parafoudre type était équipé d'un anneau de répartition de potentiel fixé par quatre bras, comme cela est indiqué à la Figure L.3a. Les différentes représentations de l'anneau de répartition de potentiel et de ses bras, qui correspondent aux différents degrés de simplification, sont indiquées à la Figure L.3b. Le premier modèle, qui utilise un anneau sans bras, a été utilisé dans des calculs 2D et 3D en hypothèse axisymétrique (cas A et D respectivement). Le second modèle a été utilisé pour étudier l'influence du rajout d'un anneau «virtuel» dans les calculs axisymétriques, pour simuler l'influence des bras de l'anneau. Les calculs 2D et 3D ont été effectués simultanément (cas B et E respectivement). Le troisième modèle est une représentation tridimensionnelle de l'anneau avec ses bras, utilisée uniquement pour le calcul 3D (cas F).

La permittivité relative des colonnes de résistances non linéaires «équivalentes» a été fixée à 800, tandis que la permittivité relative des enveloppes porcelaine est égale à cinq. Les conditions aux limites ont été choisies conformément à l'Article L.3, c'est-à-dire que le parafoudre est placé dans un cylindre relié à la terre dont le rayon est déterminé par les exigences de distances minimales à respecter.

L.5.2 Effet résistif des résistances non linéaires à oxyde métallique

L'effet résistif des résistances non linéaires à oxyde métallique a été introduit conformément à L.4.2. La caractéristique résistive non linéaire utilisée dans les calculs est donnée à la Figure L.4. L'influence résistive a été étudiée en calcul 2D avec l'anneau «virtuel» (cas C) comparé au cas B, et en calcul 3D avec les bras de l'anneau (cas G) comparé au cas F.

Etant donné l'effet non linéaire introduit par la caractéristique résistive, il est nécessaire d'effectuer les calculs combinés capacitifs/résistifs à un niveau de tension donné. Pour les exemples de calcul, on suppose que U_c = 333 kV eff. (471 kV crête) à une fréquence de 50 Hz.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.4.3 Determination of U_{ct}

The ratio of U_{ct} to U_c in the accelerated ageing procedure (see 8.5.2) is determined by dividing the calculated maximum voltage stress along the total length of the non-linear resistor column (energized at $U = U_c$), by the mean voltage stress along the same length.

L.5 Example calculations

Example calculations of the axial voltage distribution for a typical metal-oxide surge arrester were carried out using two different computation methods: the finite element method (FEM) and the boundary element method (BEM). The finite element method was used only for 2D computations, while the boundary element method was used for both 2D and 3D computations.

The example calculations were carried out using both the capacitance-only representation, as well as the capacitive/resistive representation. The arrester model used in the calculations is a simplified representation of a typical multi-unit arrester with porcelain housing (see Figure L.3a).

L.5.1 Modelling of the arrester and the boundary conditions

The simplifications in the modelling of the arrester were made in accordance with Clause L.2 except for the grading rings, where different approaches were applied as described below.

It was assumed that the typical arrester is equipped with one grading ring and four support members for the ring, as shown in Figure L.3a. The different representations of the grading ring and its supports, corresponding to different degrees of simplification, are shown in Figure L.3b. The first model, using one ring without supports, was used in axi-symmetric 2D and 3D computations (cases A and D, respectively). The second model was used to study the feasibility of adding a ”virtual” grading ring in axi-symmetric calculations to simulate the influence of the grading ring supports. Both 2D and 3D computations were carried out (cases B and E, respectively). The third model is a three-dimensional representation of the grading ring including the supports, used only for 3D computation (case F).

The relative permittivity of the ”equivalent” non-linear resistor columns was chosen as 800, while the relative permittivity of the porcelain housings was set equal to five. The boundary conditions were chosen in accordance with Clause L.3, i.e. the arrester is positioned in an earthed cylinder with a radius determined by the minimum clearance requirement.

L.5.2 Resistive effects of the metal-oxide non-linear resistors

The resistive effect of the metal-oxide non-linear resistors was introduced in accordance with L.4.2. The non-linear resistive characteristic used in the computations is shown in Figure L.4. The resistive effect was investigated in 2D computations with the ”virtual” grading ring included (case C) for comparison with case B, and in 3D computations with the supports included (case G) for comparison with case F.

Due to the non-linear effect introduced by the resistive characteristic, it is necessary to carry out the combined capacitive/resistive calculations at a given voltage level. For the example calculations, it was assumed that U_c = 333 kV r.m.s (471 kV peak) with a frequency of 50 Hz.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.5.3 Résultats et conclusions des calculs de champ électrique

Les contraintes de tension maximales calculées sur la colonne de résistances non linéaires à oxyde métallique de chaque unité sont résumées dans le Tableau L.1 pour les différents cas A à G. La contrainte de tension est exprimée en pourcentage de U_c par mètre de longueur de la colonne de résistances non linéaires, en supposant que le parafoudre est alimenté à U_c = 100 %, conduisant à une contrainte de tension moyenne de 34,7 %/m. Les résultats du Tableau L.1 sont des valeurs moyennes obtenues à partir de plusieurs calculs en utilisant différents logiciels de calcul types MEF et MEL. Des différences de 1 %/m à 2 %/m sont généralement probables. La contrainte maximale pour les trois unités est également exprimée en termes de rapport U_{ct}/U_c pour déterminer la tension de l'essai de vieillissement accéléré (voir L.4.3.). Des résultats de calcul détaillés indiquant la contrainte de tension le long de la colonne de résistances sont représentés à la Figure L.5 pour le cas B.

En général, on peut en conclure que les calculs 2D et 3D donnent des résultats similaires (cas A contre D et cas B contre E). Les temps de calcul sont toutefois plus longs de plusieurs ordres de grandeur si l'on utilise des méthodes de calcul 3D.

Sur la base des différentes simplifications de la modélisation du parafoudre exposées dans les paragraphes précédents, on peut tirer quelques conclusions générales du Tableau L.1:

– la contrainte de tension calculée dans l'unité supérieure est sensiblement inférieure si les bras de fixation de l'anneau de répartition de potentiel sont pris en compte dans le calcul 3D (cas A et D contre cas F);
– la contrainte calculée est encore réduite dans les calculs 2D et 3D si les effets résistifs sont pris en compte (cas B contre cas C et cas F contre cas G);
– l'effet des bras de fixation de l'anneau peut être simulé en introduisant un anneau «virtuel» dans un modèle axisymétrique (cas B contre cas F et cas C contre cas G). Toutefois, on ne peut donner aucune règle générale sur le dimensionnement et le positionnement correct de l'anneau «virtuel» sur la base de ces résultats.

Tableau L.1 – Résultats d'exemples de calcul

Modèle parafoudre	Cas	Distorsion maximale			Rapport maximal U_{ct} / U_c
		Elément supérieur	Elément intermédiaire	Elément inférieur	
		% / m	% / m	% / m	p.u.
Calculs en 2D					
Avec un anneau de garde	A	50	39	26	1,44
Avec deux anneaux de garde	B	44	40	27	1,27
Avec trois anneaux de garde et effets résistifs	C	41	39	29	1,18
Calculs en 3D					
Avec un anneau de garde	D	50	37	27	1,44
Avec deux anneaux de garde	E	43	38	28	1,24
Avec un anneau de garde à quatre bras	F	44	39	27	1,27
Avec un anneau de garde à quatre bras et effets résistifs	G	41	39	28	1,18

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

L.5.3 Results and conclusions from electric field calculations

The calculated maximum voltage stresses on the metal-oxide non-linear resistor column in each unit are summarised in Table L.1 for the different cases, A to G. The voltage stress is expressed in percent of U_C per metre length of the non-linear resistor column, assuming that the arrester is energized at U_C = 100 %, yielding a mean voltage stress of 34,7 %/m. The results in Table L.1 are average values from several computations using different FEM and BEM computation software. Deviations of 1 %/m to 2 %/m may typically be expected. The maximum stress among the three units is also expressed in terms of the ratio U_{Ct}/U_C for determination of the test voltage in the accelerated ageing test (see L.4.3.) Detailed example calculation results showing the voltage stress along the arrester column are presented in Figure L.5 for case B.

In general, it can be concluded that 2D and 3D computations give similar results (case A versus D, and case B versus E). The computation time is, however, several orders of magnitude longer when using 3D computation methods.

With reference to the various simplifications in the modelling of the arrester discussed in previous subclauses, some general conclusions can be drawn from Table L.1:

– the calculated voltage stress in the top unit is significantly lower if the grading ring supports are included in the 3D computation (case A and D versus case F);

– the calculated stress is further reduced in both 2D and 3D computations if the resistive effects are considered (case B versus C, and case F versus G);

– the effect of the grading ring supports may be simulated by introducing a ”virtual” grading ring in the axi-symmetric model (case B versus F, and case C versus G). However, no general rules for proper sizing or placement of the ”virtual” ring can be given on the basis of these results.

Table L.1 – Results from example calculations

Surge arrester model	Case	Maximum voltage stress			Maximum ratio U_{ct} / U_c
		Top unit	Middle unit	Bottom unit	
		% / m	% / m	% / m	p.u.
2D computations					
One grading ring	A	50	39	26	1,44
Two grading rings	B	44	40	27	1,27
Two grading rings, resistive effects	C	41	39	29	1,18
3D computations					
One grading ring	D	50	37	27	1,44
Two grading rings	E	43	38	28	1,24
One grading ring with four supports	F	44	39	27	1,27
One grading ring with four supports, resistive effects	G	41	39	28	1,18

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

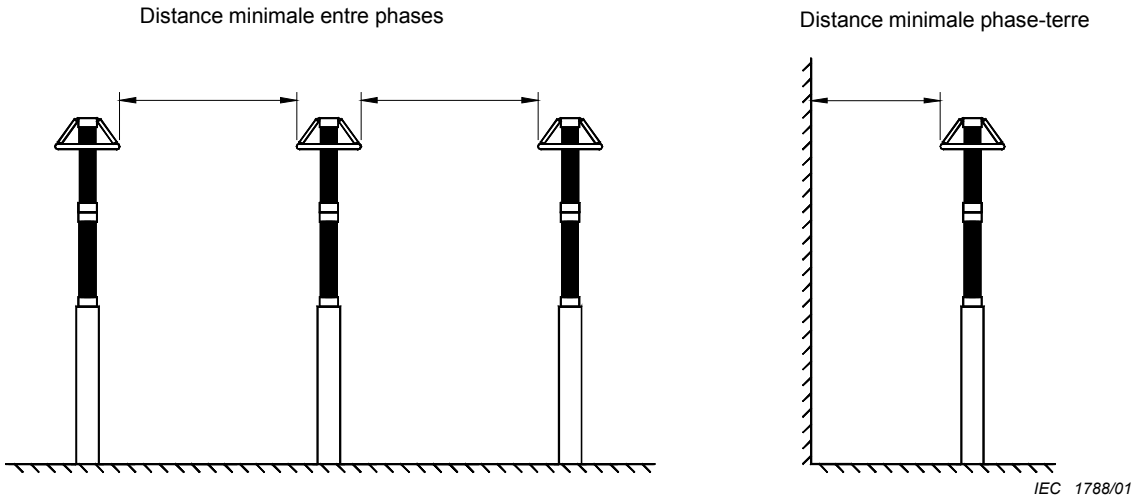
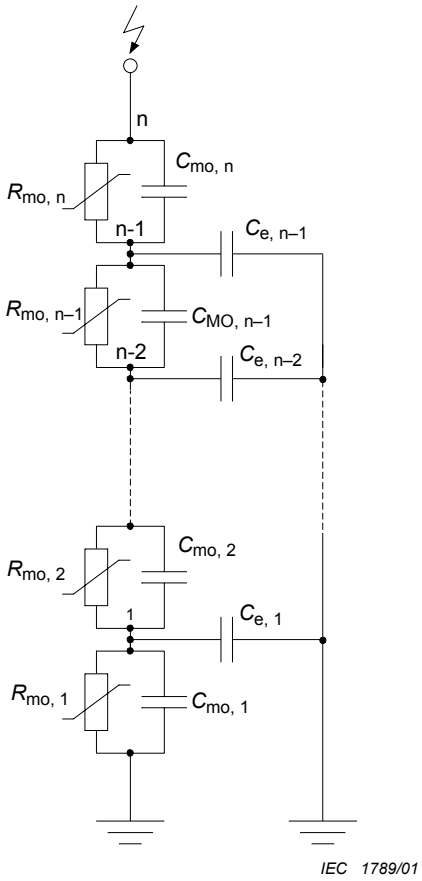


Figure L.1 – Installation triphasée type de parafoudres



Légende

$R_{mo, x}$ Résistance équivalente de la fraction x

$C_{mo, x}$ Capacité de la fraction x

$C_{e, x}$ Capacité parasite à la terre au niveau du nœud x

n Nombre de fractions

Figure L.2 – Circuit équivalent simplifié multi-étages d'un parafoudre

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

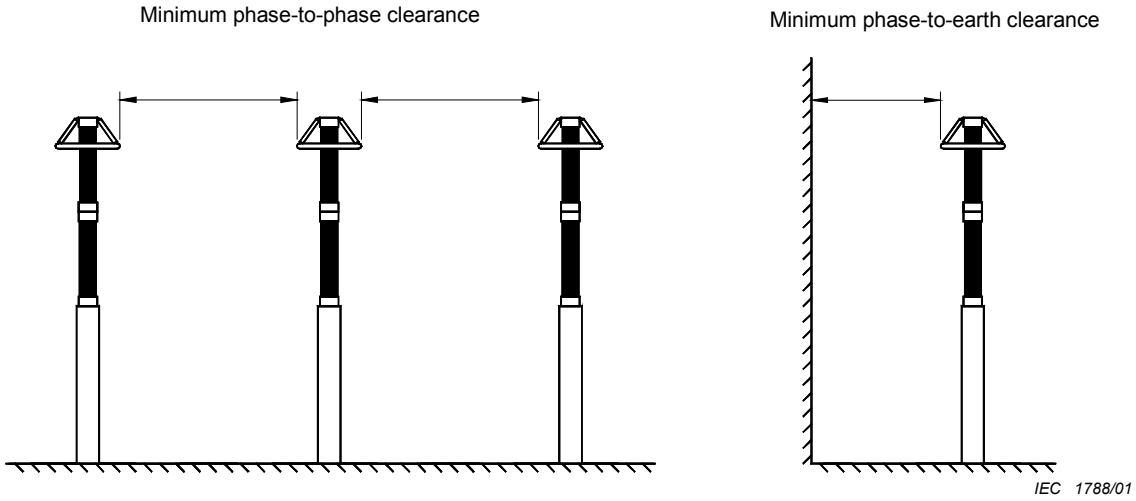
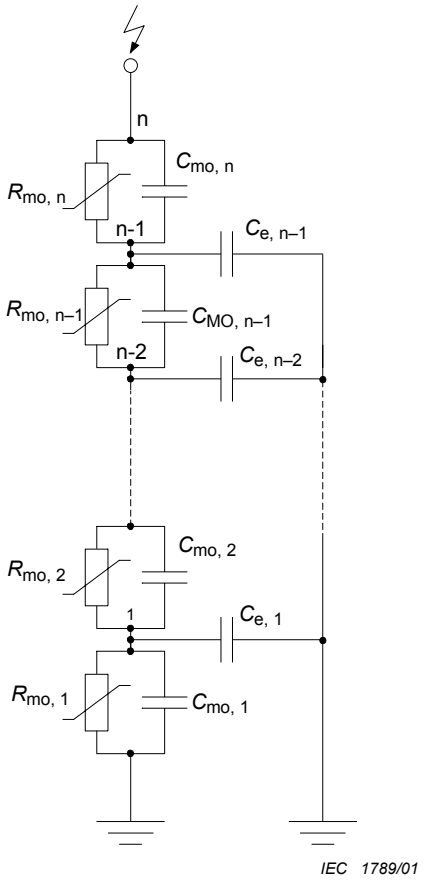


Figure L.1 – Typical three-phase arrester installation



Key

$R_{mo, x}$ Voltage-dependent resistance of section x

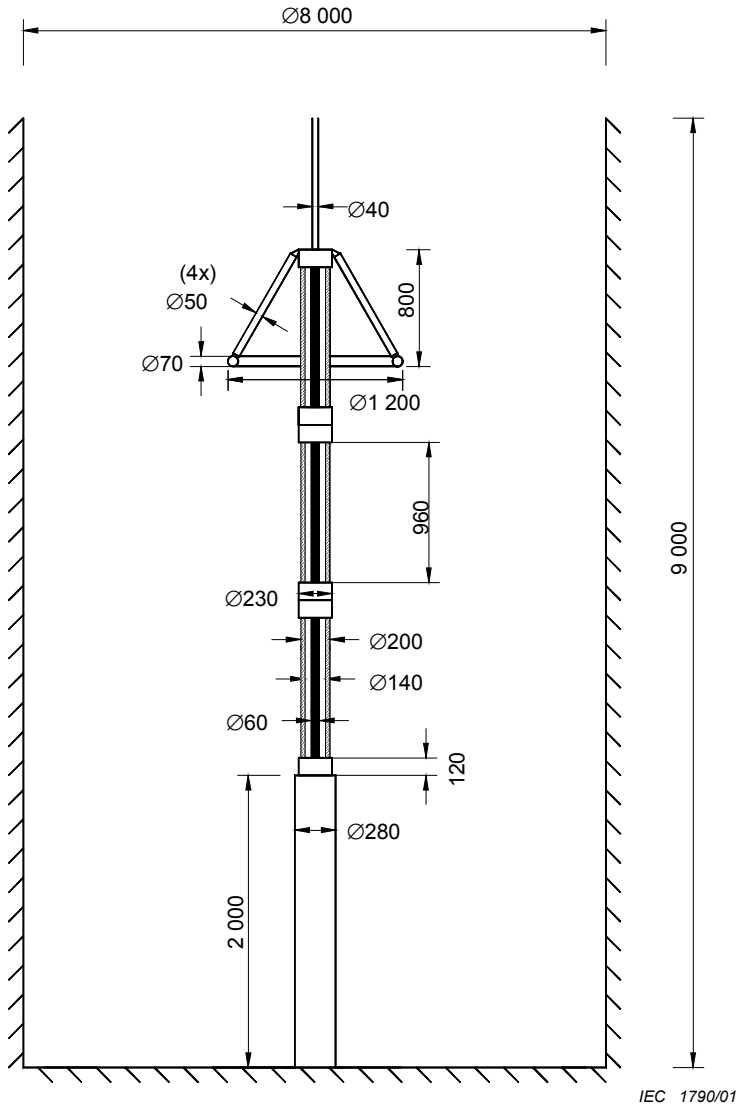
$C_{mo, x}$ Capacitance of section x

$C_{e, x}$ Stray capacitance to earth at node x

n Number of sections

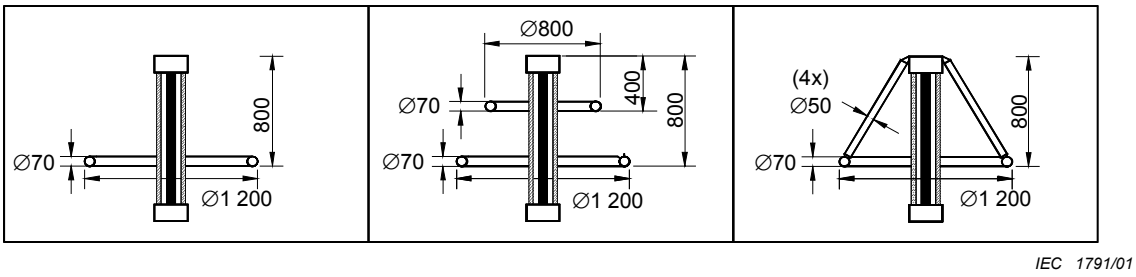
Figure L.2 – Simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



Dimensions en millimètres

Figure L.3a – Représentation simplifiée d'un parafoudre à plusieurs unités



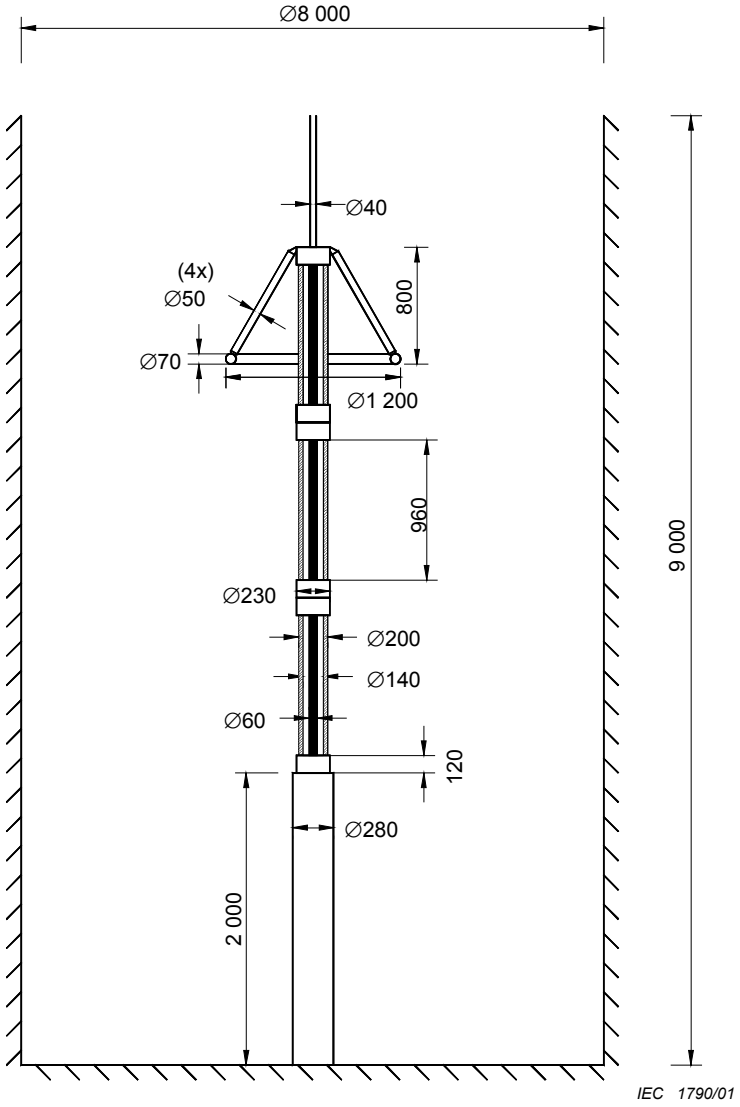
Cas A, D Cas B, C, E Cas F, G

Dimensions en millimètres

Figure L.3b – Différentes modélisations de l'anneau de répartition de potentiel

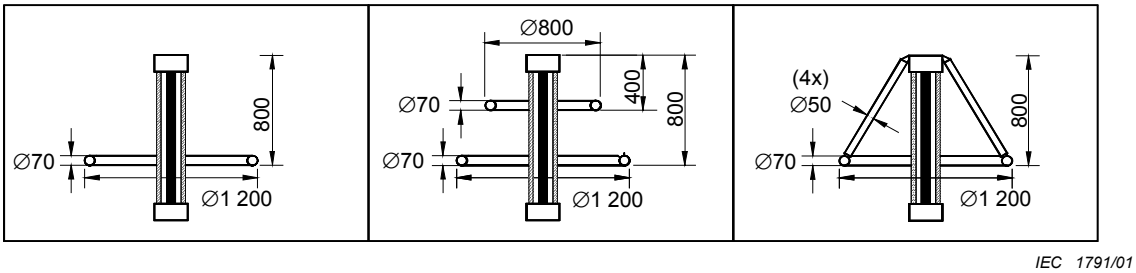
Figure L.3 – Géométrie du modèle de parafoudre

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



Dimensions in millimetres

Figure L.3a – Simplified model of multi-unit arrester



Case A, D Case B, C, E Case F, G

Dimensions in millimetres

Figure L.3b – Different representations of the grading ring

Figure L.3 – Geometry of arrester model

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

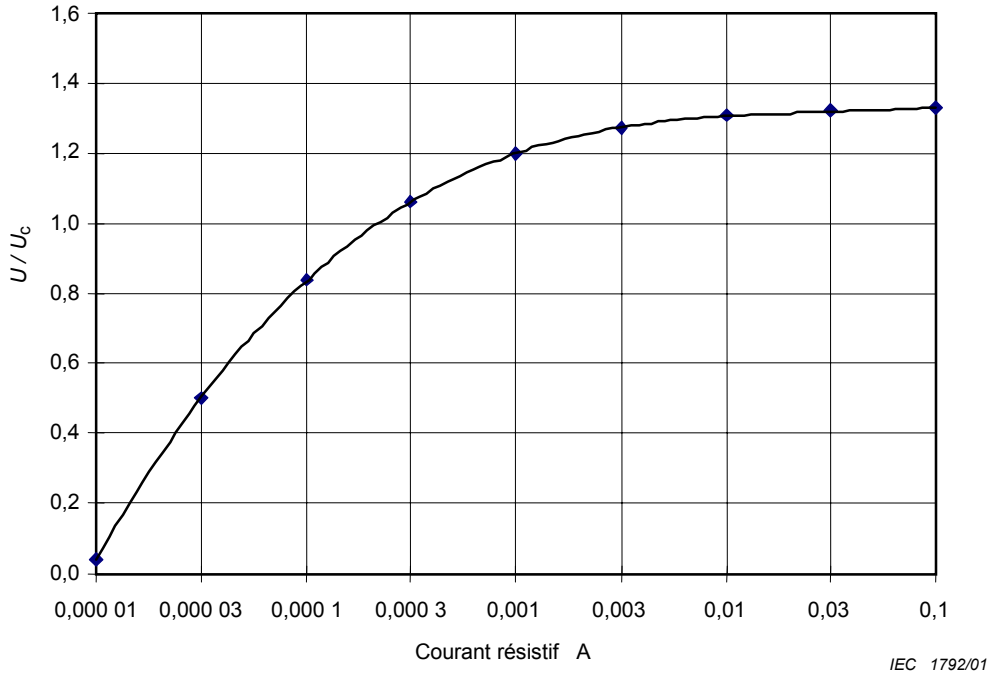


Figure L.4 – Exemple de caractéristique courant-tension en valeurs réduites à +20 °C pour une résistance à oxydes métalliques dans la région des courants de fuite

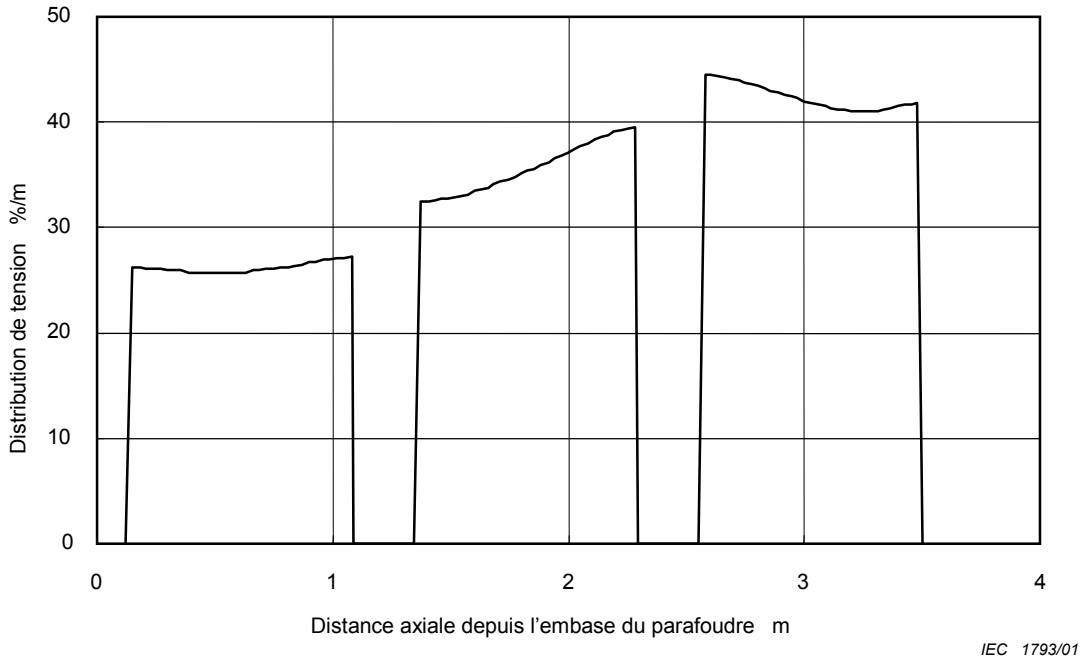


Figure L.5 – Répartition de tension calculée le long de la colonne de résistances dans le cas B

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

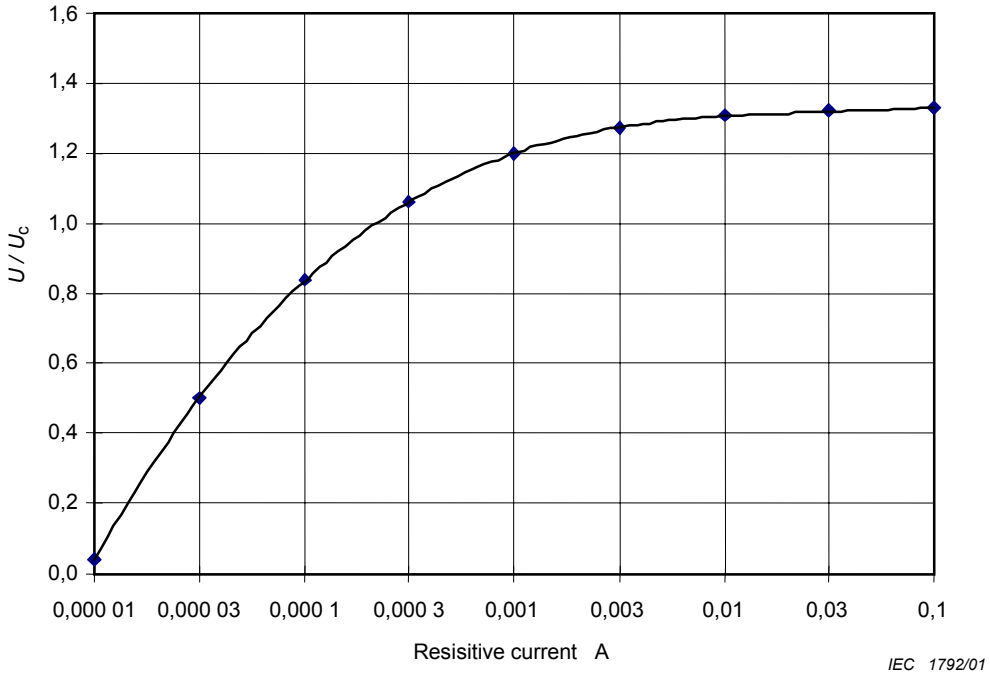


Figure L.4 – Example of voltage-current characteristic of metal-oxide resistors at +20 °C in the leakage current region

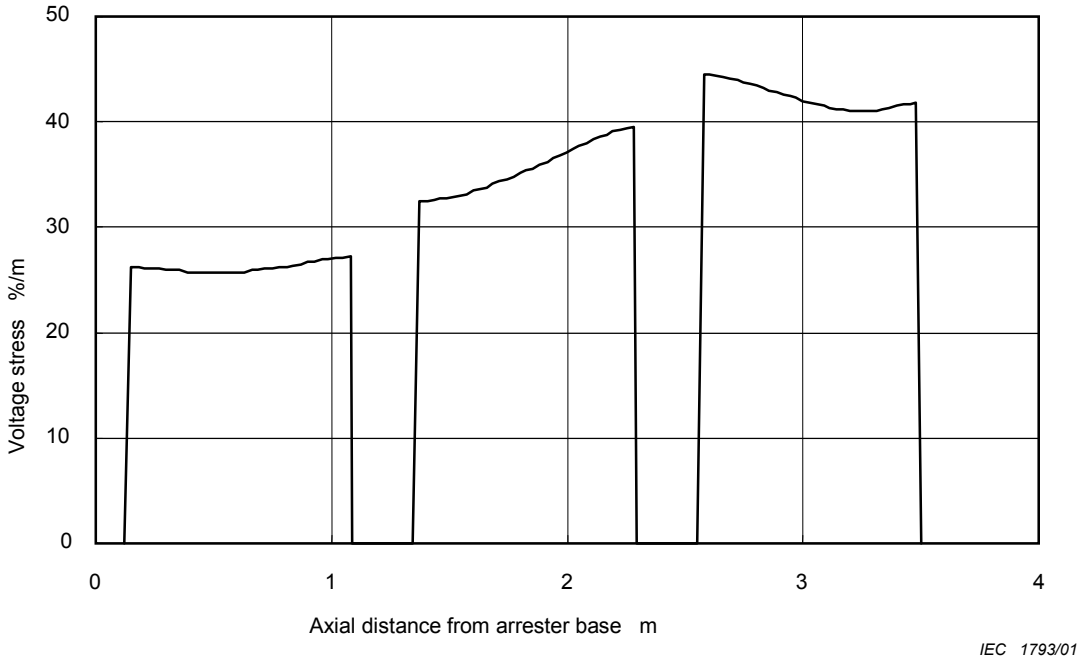


Figure L.5 – Calculated voltage stress along the resistor column in case B

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe M
(normative)

Considérations d'ordre mécanique

M.1 Essai en moment de flexion

Dans le cas d'un parafoudre à plusieurs unités, chaque unité doit être testée aux moments de flexion conformément à la Figure M.1. L'effort prescrit est calculé comme ci-après. Si les unités ne diffèrent que par la longueur mais utilisent les mêmes matériaux et la même conception, il n'est pas nécessaire d'effectuer un essai sur chaque unité.

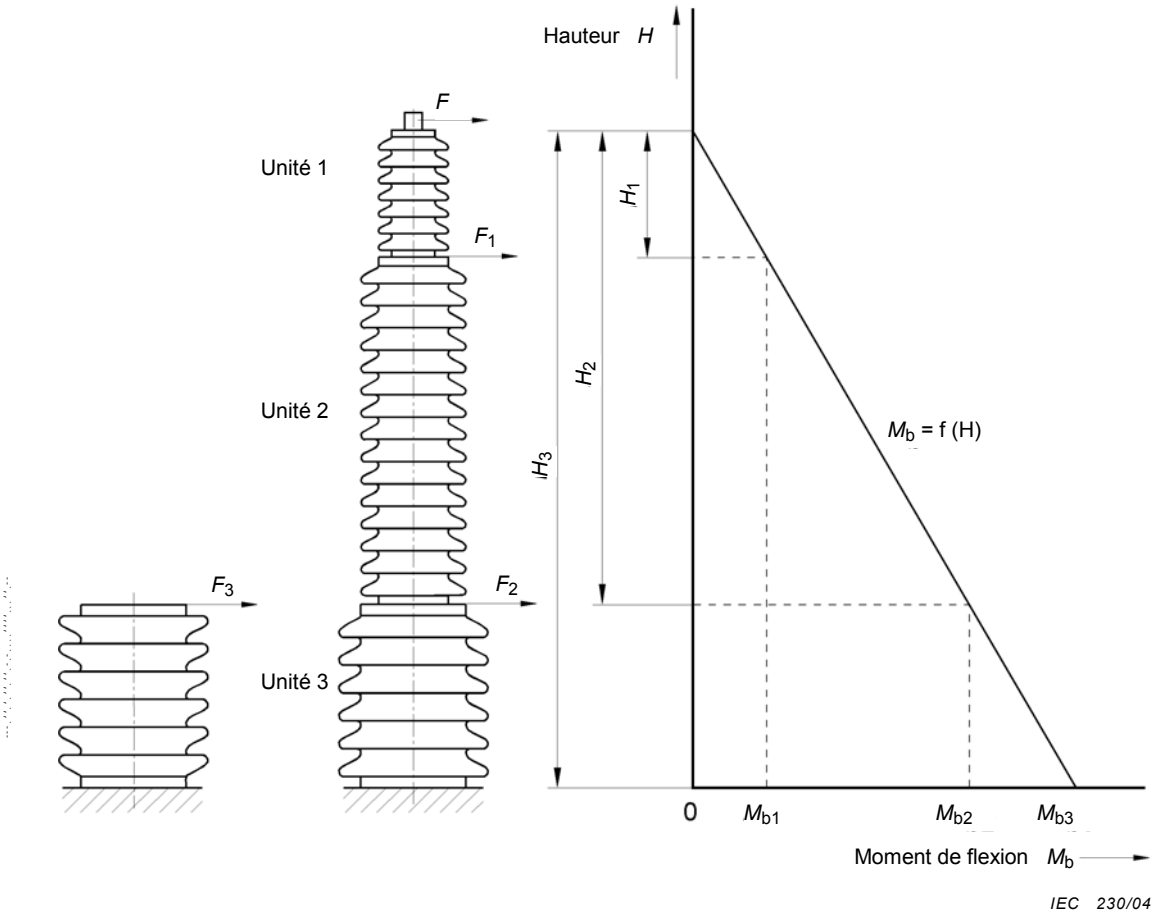


Figure M.1 – Moment de flexion pour un parafoudre à plusieurs unités

Lors de l'essai sur parafoudre complet, le moment appliqué à la bride inférieure est $M_{b3} = F \times H_3$.

Le moment appliqué à la bride supérieure de l'unité du bas est $M_{b2} = F \times H_2$.

Si une unité est testée séparément (par exemple l'unité 3), l'effort F_2 à appliquer à la bride inférieure de l'unité 3 est le suivant:

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex M
(normative)

Mechanical considerations

M.1 Test of bending moment

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

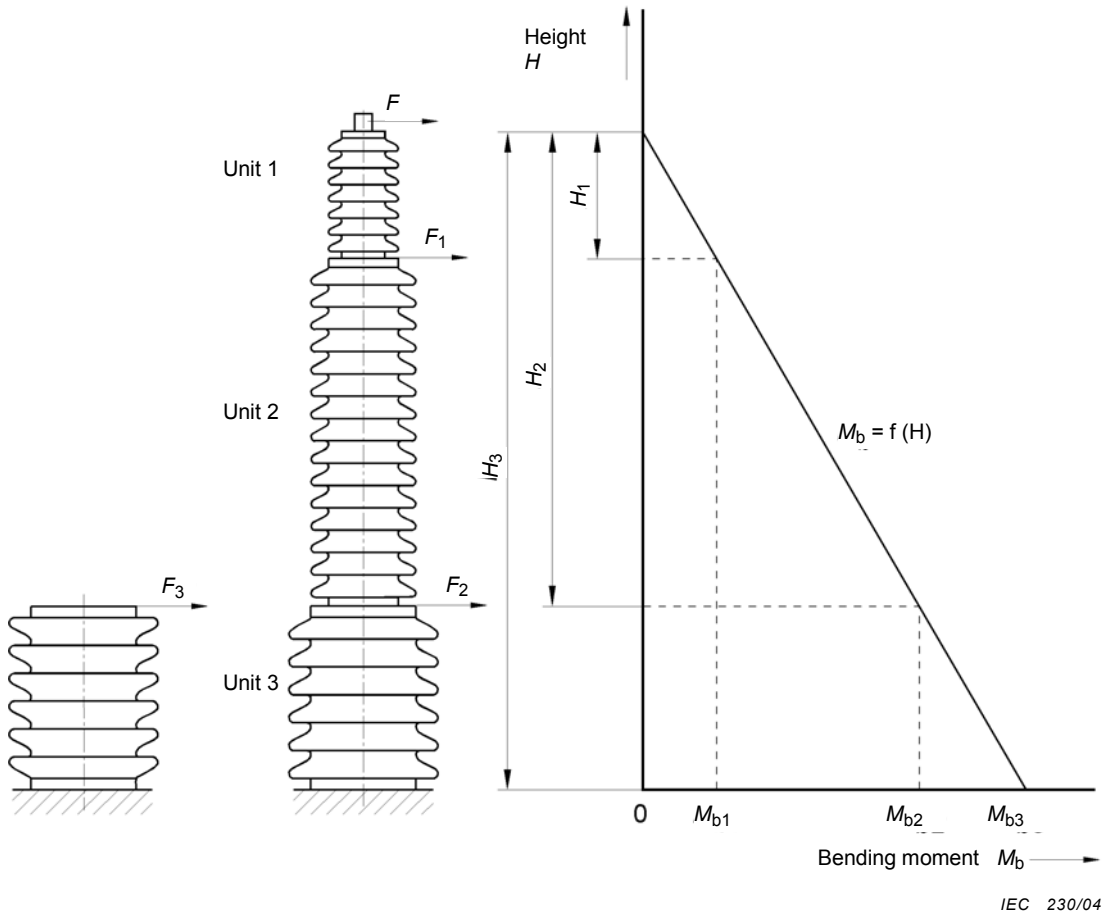


Figure M.1 – Bending moment – multi-unit surge arrester

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

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

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

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

L'essai sur la bride supérieure de l'unité 3 doit être effectué avec l'unité en position retournée. L'effort F_3 pour tester la bride supérieure de l'unité 3 est le suivant:

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

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

M.2 Essai sismique

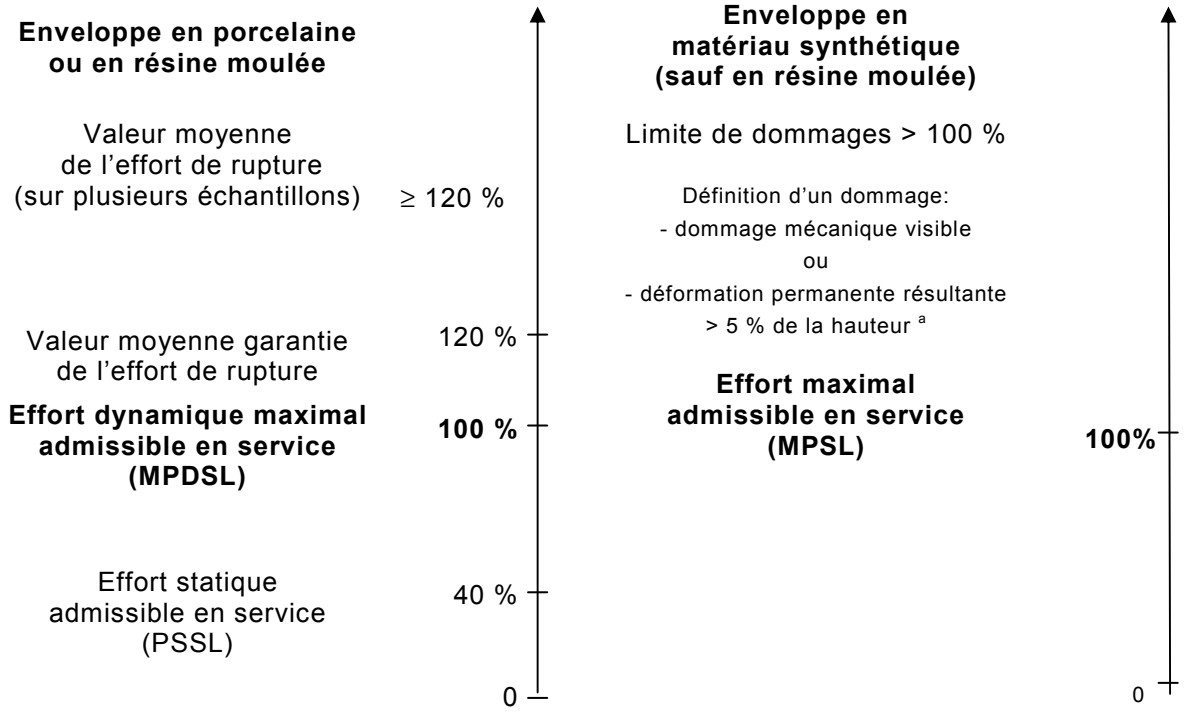
Si, après accord entre le constructeur et l'utilisateur, des essais sismiques sont réalisés, ils doivent'être conformes à la CEI 61166:

a) mesure de la tension de référence;

b) essai de décharges partielles internes;

c) mesure du taux de fuite.

M.3 Définition des efforts mécaniques



NOTE Les règles pour la définition des efforts dynamiques et statiques, dépendant fortement de la conception du parafoudre, sont à l'étude.

[a] Voir les notes de 8.9.4, de 10.8.9.2.3 et de 10.8.9.3.3.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

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

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

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

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

M.2 Seismic test

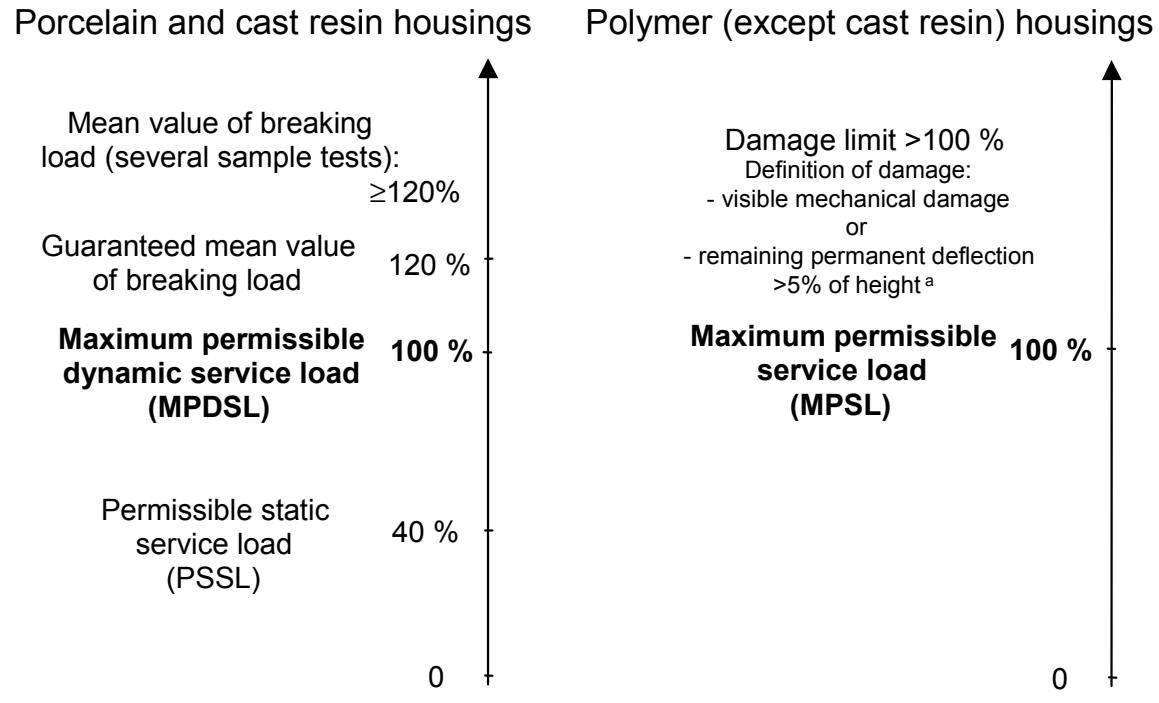
If, after agreement between the manufacturer and the user, seismic tests are performed, they shall be made in accordance with IEC 61166:

a) measurement of reference voltage;

c) internal partial discharge test;

d) leakage check.

M.3 Definition of mechanical loads



NOTE Rules for the definition of dynamic and static service loads, which strongly depend on the arrester design, are under consideration

[a] See note of 8.9.4, 10.8.9.2.3 and 10.8.9.3.3.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

M.4 Définition du taux de fuite

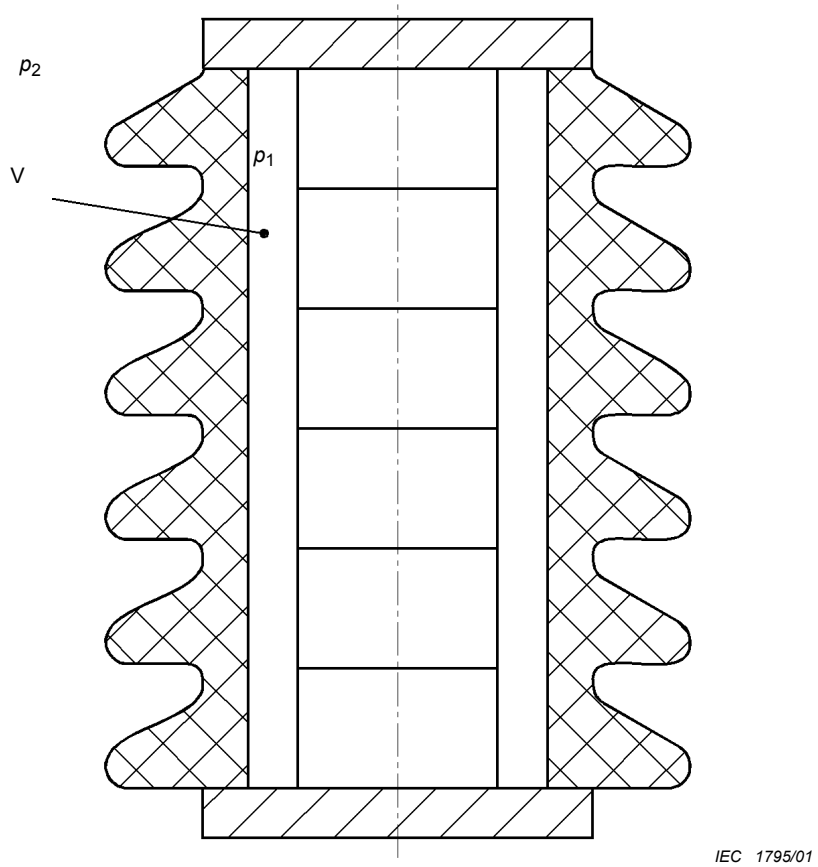


Figure M.2 – Fraction de parafoudre

Le taux de fuite indique la quantité de gaz qui franchit l'étanchéité de l'enveloppe sous une différence de pression d'au moins 70 kPa, par unité de temps. Si l'efficacité de l'étanchéité dépend de la direction du gradient de pression, le cas le plus défavorable doit être considéré.

Taux de fuite $= \dfrac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t}$ à $\left|p_1 - p_2\right| \geq 70$ kPa et à une température de +20 °C ± 15 K,

où

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

$p_1(t)$ est la pression interne du gaz dans l'enveloppe du parafoudre en fonction du temps (Pa);

p_2 est la pression de gaz à l'extérieur du parafoudre (Pa);

t_1 est l'origine de l'intervalle de temps considéré(s);

t_2 est la fin de l'intervalle de temps considéré(s);

$\Delta t = t_2 - t_1$;

V est le volume interne de gaz du parafoudre (m^3).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

M.4 Definition of seal leak rate

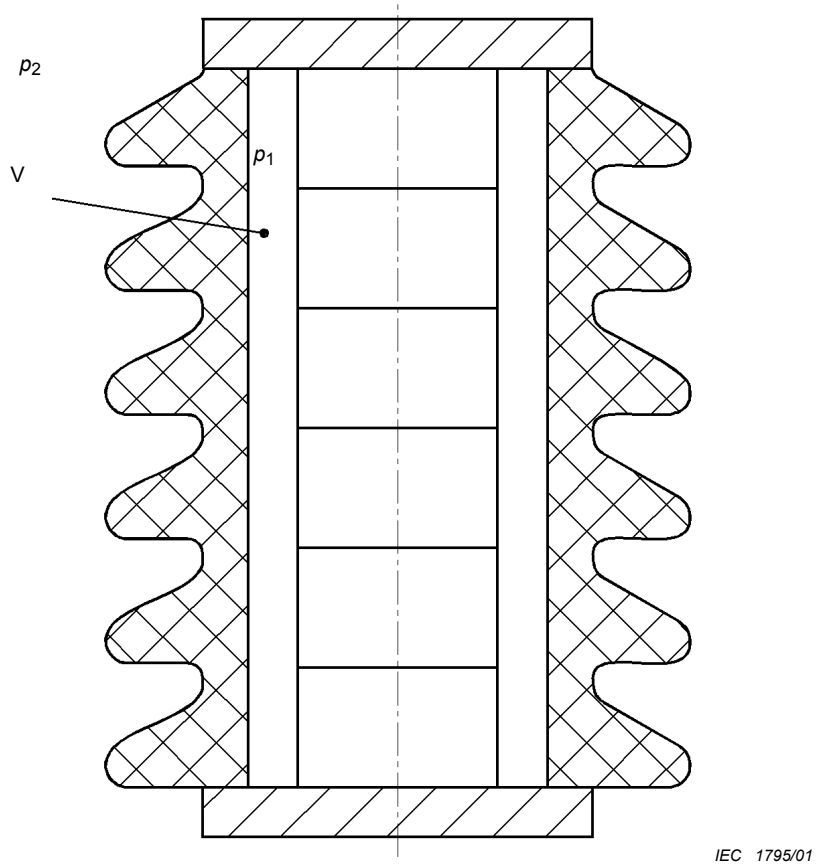


Figure M.2 – Surge arrester unit

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

Seal leak rate $= \dfrac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t}$ at $|p_1 - p_2| \geq 70$ kPa and at a temperature of +20 °C ± 15 K,

where

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

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

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

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

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

$\Delta t = t_2 - t_1$;

V is the internal gas volume of the arrester (m^3).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

M.5 Calcul du moment de flexion dû au vent

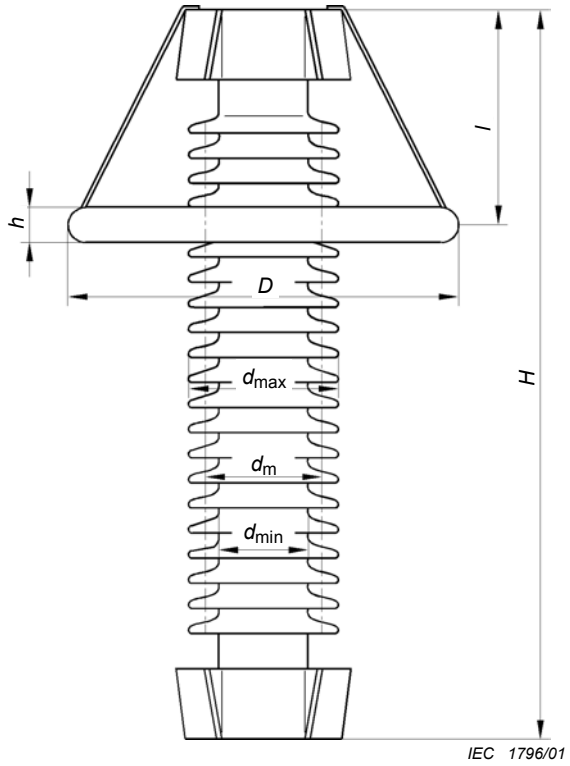


Figure M.3 – Dimensions du parafoudre

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

où

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

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

M_w est le moment de flexion dû au vent (Nm);

H est la hauteur du parafoudre (m);

d_m est la valeur moyenne du diamètre de l'enveloppe (m);

h est l'épaisseur de l'anneau de répartition de potentiel (m);

D est le diamètre de l'anneau de répartition de potentiel (m);

l est la distance entre l'anneau et la partie supérieure (m);

C est le coefficient de foisonnement des parties cylindriques, pris égal à 0,8;

P est la pression dynamique du vent (N/m^2);

P_1 est la densité de l'air à 1,013 bar et à 0 °C, prise égale à 1,29 kg/m^3;

V est la vitesse du vent (m/s).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

M.5 Calculation of wind-bending-moment

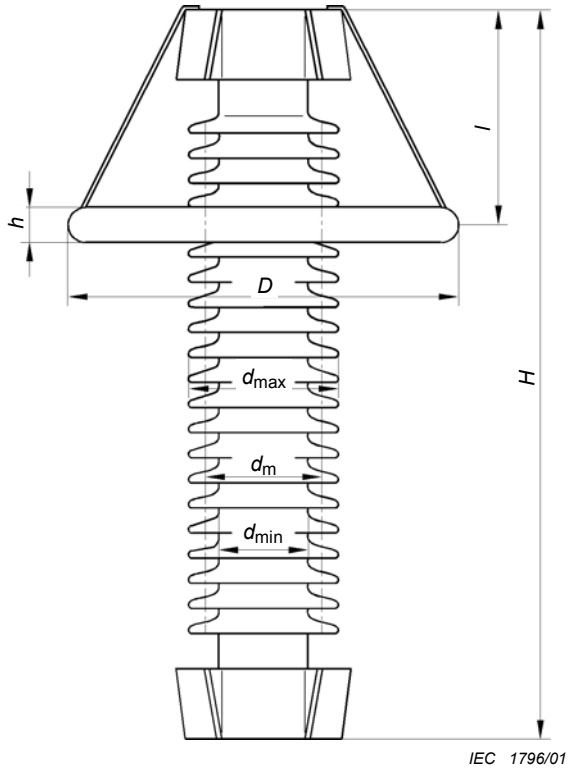


Figure M.3 – Surge-arrester dimensions

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

where

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

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

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

H is the height of the arrester (m);

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

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

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

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

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

P is the dynamic pressure of the wind (N/m^2);

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

V is the wind velocity (m/s).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annexe N
(normative)

Procédure d'essai pour déterminer la capacité de décharge aux chocs de foudre

N.1 Généralités

Cette procédure d'essai s'applique aux parafoudres utilisés sur des lignes dont les tensions réseau sont supérieures à 52 kV pour améliorer leurs performances aux chocs de foudre. En général, ces parafoudres sont soumis à des valeurs plus élevées de contraintes d'énergie et de courant causées par la foudre que les parafoudres installés dans les postes avec une protection efficace contre la foudre sur les lignes à l'arrivée. De plus, la forme d'onde anticipée de courant pour les cas décisifs, avec une durée de plusieurs dizaines de microsecondes pour les parafoudres appliqués sur les lignes protégées et plusieurs centaines de microsecondes pour les parafoudres sur les lignes non protégées, diffère considérablement des formes d'ondes spécifiées dans l'essai de fonctionnement et dans l'essai au choc de courant de longue durée.

Un choc de 200 μsec a été considéré comme un compromis convenable pour couvrir à la fois les applications types et l'effet de coups de foudre multiples.

Les parafoudres prévus pour cette application, doivent, par conséquent, être soumis aux essais conformément à l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre pour vérifier la capacité assignée de décharge aux chocs de foudre du parafoudre.

N.2 Choix des échantillons d'essai

Trois échantillons doivent être soumis aux essais. Ces échantillons doivent comprendre des parafoudres complets, des fractions de parafoudres ou des éléments résistifs. Ils ne doivent pas avoir été soumis à des essais auparavant sauf nécessité d'évaluation de cet essai.

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

a) Le rapport entre la tension assignée du parafoudre complet et la tension assignée de la fraction est défini par n. Le volume des éléments de résistance utilisés comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de tous les éléments de résistance utilisés dans le parafoudre complet divisé par n.

b) Il convient que la tension résiduelle de la fraction d'essai soit égale à k^*U_r/n, où k est le rapport entre la tension résiduelle maximale avec le courant de décharge nominal normal du parafoudre et sa tension assignée. Lorsque $U_{res} > k^*U_r/n$ pour un échantillon d'essai disponible, le facteur n doit être réduit en conséquence. Si $U_{res} < k^*U_r/n$, l'utilisation de la fraction n'est pas autorisée.

c) Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, la distribution du courant entre les colonnes doit être mesurée au courant de choc utilisé pour l'essai de distribution de courant (voir 9.1e). Pour chaque échantillon d'essai, le rapport du courant maximal dans une colonne quelconque sur le courant moyen, K_a, est déterminé et comparé avec le rapport maximal, K_m, spécifié par le constructeur. La valeur la plus élevée de courant dans une colonne quelconque ne doit pas être supérieure à celle donnée par K_m.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Annex N
(normative)

Test procedure to determine the lightning impulse discharge capability

N.1 General

This test procedure applies to surge arresters used on lines with system voltages exceeding 52 kV to improve the lightning performance of such lines. In general, theses arresters are subjected to higher energy and current stresses caused by lightning than arresters installed in stations with effective lightning protection on incoming lines. In addition, the anticipated current waveform for decisive cases, with a duration of several tens of microseconds for arresters applied on shielded lines and several hundreds of microseconds for arresters on unshielded lines, considerably differs from waveforms specified in the operating duty test and in the long-duration current impulse test.

An impulse duration of 200 μsec has been considered as a suitable compromise to cover both the typical applications and the effect of multiple strokes.

Arresters intended for this application, therefore, shall be tested in accordance with the lightning impulse discharge capability test to verify the rated lightning impulse discharge capability of the arrester.

N.2 Selection of test samples

Three samples shall be tested. These samples shall include complete arresters, arrester sections or resistive elements. They shall not have been subjected to any previous tests except as necessary for evaluation purposes of this test.

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

a) The ratio between the rated voltage of the complete arrester to the rated voltage of the section is defined by n. The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete arrester divided by n.

b) The residual voltage of the test section should be equal to k^*U_r/n, where k is the ratio between the maximum residual voltage at standard nominal discharge current of the arrester and its rated voltage. In the case where $U_{res} > k^*U_r/n$ for an available test sample the factor n has to be decreased correspondingly. If $U_{res} < k^*U_r/n$, the section is not allowed to be used.

c) For multi-column arresters, the distribution of the current between the columns shall be measured at the impulse current used for the current distribution test (see 9.1e)). For each test sample, the ratio of maximum current in any column to the average current, K_a, is determined and compared with the maximum ratio, K_m, specified by the manufacturer. The highest current value in any of the columns shall not be higher than that given by K_m.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

N.3 Procédure d'essai

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

Chaque essai de capacité de décharge aux chocs de foudre doit comprendre 18 décharges divisées en six groupes de trois opérations. Les opérations doivent se succéder dans un délai de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les groupes doit être tel que l'échantillon revienne approximativement à la température ambiante.

A l'issue des 18 décharges et après que retour de l'échantillon a atteint approximativement la température ambiante, les essais de tension résiduelle, qui ont été réalisés avant l'essai, doivent être répétés pour comparer les valeurs avec celle obtenues avant l'essai et ces valeurs ne doivent pas avoir varié de plus de 5 %.

Un examen visuel des échantillons d'essai après l'essai ne doit pas montrer de signe de perforation, de contournement, de fissuration ou d'autre dommage important affectant les résistances à oxyde métallique.

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

NOTE Concernant les éventuelles modifications dans la plage de courant à faible amplitude dues aux décharges de foudre, cela est considéré comme suffisamment couvert par les essais de fonctionnement actuels.

N.4 Paramètre pour l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre

La valeur de crête du courant est choisie par le constructeur pour obtenir une énergie de décharge et une charge particulières. L'énergie ne doit pas être supérieure à l'énergie totale dans les deux décharges de ligne de la classe de classification (pour les parafoudres des classes de décharge 2 à 5) ou à l'énergie due à un courant de choc élevé, 100 kA, 4/10 µs (pour les parafoudres de la classe de décharge 1). Si cela n'est pas le cas, l'essai de fonctionnement doit être répété avec une énergie accrue pour couvrir l'énergie demandée.

NOTE Une énergie accrue dans l'essai de fonctionnement pourrait être obtenue par un courant accru (pour les parafoudres des classes de décharge 2 à 5) et par une durée de choc accrue (pour les parafoudres de classe de décharge 1).

La forme du courant de choc doit être approximativement sinusoïdale. Le laps de temps pendant lequel la valeur instantanée du courant de choc est supérieure à 5 % de sa valeur de crête doit être compris entre 200 µs et 230 µs.

La valeur de crête de toute onde de courant de polarité opposée doit être inférieure à 5 % de la valeur de crête du courant.

La valeur de crête du courant de chaque choc sur chaque échantillon d'essai doit être comprise entre 100 % et 110 % de la valeur de crête choisie.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

N.3 Test procedure

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

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

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

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

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

NOTE With respect to possible changes in the low current range due to lightning discharges, this is considered to be sufficiently covered by present operating duty tests.

N.4 Test parameters for the lightning impulse discharge capability test

The current peak value is selected by the manufacturer to obtain a particular discharge energy and charge. The energy shall not be higher than the total energy in two line discharges of the classifying class (for line discharge class 2 to 5 arresters) or the energy due to one high current impulse, 100 kA, 4/10 µs (for line discharge class 1 arresters). If this is not the case, the operating duty test shall be repeated with increased energy to cover the claimed energy.

NOTE An increased energy in the operating duty test could be obtained by increased current (for line discharge class 2 to 5 arresters) and increased impulse duration (for line discharge class 1 arresters).

The current impulse shape shall be approximately sinusoidal. The duration of time during which the instantaneous value of the impulse current is greater than 5 % of its peak value shall be within 200 µs to 230 µs.

The peak of any opposite polarity current wave shall be less than 5 % of the peak value of the current.

The current peak value of each impulse on each test sample shall lie between 100 % to 110 % of the selected peak value.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

N.5 Mesures au cours de l'essai de capacité de décharge aux chocs de foudre

L'énergie, la charge et le courant de crête doivent être consignés pour chaque choc ainsi que pour le temps pendant lequel la valeur instantanée du courant de choc est supérieure à 5 % de sa valeur de crête. Les oscillogrammes de la tension normalement appliquée et les formes d'onde du courant et l'énergie dissipée doivent être fournis sur la même base temporelle.

N.6 Capacité assignée de décharge aux chocs de foudre

Les valeurs moyennes de courant de crête, de charge et d'énergie doivent être calculées à partir des 18 décharges. L'énergie moyenne doit être divisée par la tension assignée de l'échantillon pour obtenir l'énergie spécifique. Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, le courant de crête, la charge et l'énergie de chaque échantillon d'essai doivent être multipliés par le facteur K_a/K_m avant de déterminer la valeur moyenne.

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

a) le courant de crête moyen le plus faible pour un des 3 échantillons d'essai ;

b) une valeur d'énergie choisie dans la liste de N.7 inférieure ou égale à l'énergie spécifique la plus faible pour l'un quelconque des 3 échantillons d'essai ;

c) une valeur de charge choisie dans la liste de N.8 inférieure ou égale à la charge spécifique la plus faible pour l'un quelconque des 3 échantillons d'essai.

N.7 Liste des valeurs assignées d'énergie

Les valeurs suivantes, exprimées en kJ/kV de tension assignée, sont normalisées comme valeurs assignées d'énergie: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20.

N.8 Liste des valeurs assignées de charge

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

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

N.5 Measurements during the lightning impulse discharge capability test

The energy, charge and peak current shall be reported for each impulse as well as the duration of time during which the instantaneous value of the impulse current is greater than 5 % of its peak value. Oscillograms of the typically applied voltage and current waveforms and dissipated energy shall be supplied on the same time base.

N.6 Rated lightning impulse discharge capability

The average peak current, charge and energy shall be calculated from the 18 discharge operations. The average energy shall be divided by the rated voltage of the sample to obtain the specific energy. For multicolumn arresters, the peak current, charge and energy for each test sample shall be multiplied by the factor K_a/K_m before the average value is determined.

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

a) the lowest average peak current for any of the 3 test samples;

b) an energy value selected from the list of N.7 lower than, or equal to, the lowest specific energy for any of the 3 test samples;

c) a charge value selected from the list of N.8 lower than, or equal to, the lowest average charge for any of the 3 test samples.

N.7 List of rated energy values

The following values, expressed in kJ/kV of rated voltage, are standardized as rated energy values: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20.

N.8 List of rated charge values

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliographie

CEI 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 60099-1:1991*, Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60099-3:1990, *Parafoudres – Partie 3: Essais de pollution artificielle des parafoudres*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60721-3-2:1997*, Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

IEEE C62.11:1999, *Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating Current Power Circuits (>1 KV)* (disponible en anglais seulement).

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Bibliography

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped arresters for a.c. systems*

IEC 60099-3:1990, *Surge arresters – Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEEE C62.11:1999, *Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating Current Power Circuits (>1 kV)*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ISBN 2-8318-8729-1



ICS 29.120.50; 29.240.10

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale