

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-12

Première édition
First edition
2002-02

Parafoudres basse tension –

Partie 12:

**Parafoudres connectés aux réseaux
de distribution basse tension –
Principes de choix et d'application**

Low-voltage surge protective devices –

Part 12:

**Surge protective devices connected to
low-voltage power distribution systems –
Selection and application principles**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61643-12:2002

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/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-12

Première édition
First edition
2002-02

Parafoudres basse tension –

Partie 12:

**Parafoudres connectés aux réseaux
de distribution basse tension –
Principes de choix et d'application**

Low-voltage surge protective devices –

Part 12:

**Surge protective devices connected to
low-voltage power distribution systems –
Selection and application principles**

© IEC 2002 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

XE

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	10
0 Introduction	16
0.1 Généralités	16
0.2 Comment utiliser la présente norme	16
0.3 Liste des symboles utilisés dans la présente norme	20
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Définitions	24
4 Systèmes et matériels à protéger	44
4.1 Réseaux de distribution basse tension	44
4.1.1 Surtensions de foudre et courants	46
4.1.2 Surtensions de manœuvre	48
4.1.3 Surtensions temporaires U_{TOV}	48
4.2 Caractéristiques des matériels à protéger	52
5 Parafoudres	52
5.1 Fonction de base des parafoudres	52
5.2 Prescriptions supplémentaires	54
5.3 Classification des parafoudres	54
5.3.1 Parafoudres: classification	54
5.3.2 Conception et topologies courantes	56
5.4 Caractéristiques des parafoudres	58
5.4.1 Conditions de services décrites dans la CEI 61643-1	58
5.4.2 Liste des paramètres pour le choix des parafoudres	58
5.5 Informations supplémentaires sur les caractéristiques des parafoudres	60
5.5.1 Informations liées aux tensions du réseau	60
5.5.2 Informations liées aux courants de chocs, niveaux de protection de tension et autres caractéristiques	62
6 Mise en œuvre des parafoudres dans les réseaux de distribution	72
6.1 Emplacement et protection assurée par les parafoudres	72
6.1.1 Modes possibles de protection et d'installation	72
6.1.2 Influence du phénomène oscillatoire sur la distance de protection	74
6.1.3 Influence de la longueur des câbles de connexion	74
6.1.4 Nécessité d'une protection complémentaire	76
6.1.5 Choix de l'emplacement du parafoudre en fonction des classes d'essai	80
6.1.6 Concept de zone de protection	80
6.2 Choix du parafoudre	80
6.2.1 Choix de U_c , U_T et $I_n/I_{imp}/I_{max}/U_{oc}$ du parafoudre	84
6.2.2 Distance de protection	86
6.2.3 Durée de vie et mode de défaillance prospectifs	88
6.2.4 Relations entre un parafoudre et d'autres dispositifs	88
6.2.5 Choix du niveau de protection en tension U_p	90
6.2.6 Coordination entre le parafoudre choisi et les autres parafoudres	90
6.3 Caractéristiques des dispositifs auxiliaires	96
6.3.1 Dispositif de déconnexion	96
6.3.2 Compteurs de chocs	96
6.3.3 Indicateurs d'état	96

CONTENTS

FOREWORD.....	11
0 Introduction	17
0.1 General.....	17
0.2 Keys to understanding the structure of this standard	17
0.3 List of symbols used in this standard	21
1 Scope.....	23
2 Normative references	23
3 Definitions	25
4 Systems and equipment to be protected	45
4.1 Low-voltage power distribution systems.....	45
4.1.1 Lightning overvoltages and currents	47
4.1.2 Switching overvoltages	49
4.1.3 Temporary overvoltages U_{TOV}	49
4.2 Characteristics of the equipment to be protected	53
5 Surge protective devices	53
5.1 Basic function of SPDs	53
5.2 Additional requirements.....	55
5.3 Classification of SPDs	55
5.3.1 SPD: classification.....	55
5.3.2 Typical design and topologies.....	57
5.4 Characteristics of SPDs.....	59
5.4.1 Service conditions described in IEC 61643-1	59
5.4.2 List of parameters for SPD selection.....	59
5.5 Additional information on characteristics of SPDs	61
5.5.1 Information related to power-frequency voltages.....	61
5.5.2 Information related to surge currents, voltage protection levels and other characteristics	63
6 Application of SPDs in low-voltage power distribution systems	73
6.1 Installation and its effect on the protection given by SPDs.....	73
6.1.1 Possible modes of protection and installation	73
6.1.2 Influence of the oscillation phenomena on the protective distance	75
6.1.3 Influence of the connecting lead length.....	75
6.1.4 Need for additional protection.....	77
6.1.5 Choice of the location of the SPD depending on the classes of test	81
6.1.6 Protection zone concept	81
6.2 Selection of SPD	81
6.2.1 Selection of U_C , U_T and $I_N/I_{imp}/I_{max}/U_{oc}$ of the SPD.....	85
6.2.2 Protective distance	87
6.2.3 Prospective life and failure mode	89
6.2.4 Interaction between SPDs and other devices	89
6.2.5 Choice of the voltage protection level U_p	91
6.2.6 Co-ordination between the chosen SPD and other SPDs	91
6.3 Characteristics of auxiliary devices.....	97
6.3.1 Disconnecting devices	97
6.3.2 Event counters	97
6.3.3 Status indicator	97

7	Analyse du risque	96
8	Coordination dans le cas d'un matériel présentant à la fois des bornes de télécommunication et de puissance	98
Annexe A (informative) Informations types sur les enquêtes, appels d'offre et explication des procédures d'essai		
		100
A.1	Informations données avec les enquêtes	100
A.2	Informations pour les appels d'offre	102
A.3	Explication sur les procédures d'essai utilisées dans la CEI 61643-1	104
Annexe B (informative) Exemples de relation entre U_c et la tension nominale utilisée dans certains réseaux, et exemples de relation entre U_p et U_c pour une varistance ZnO		
		108
B.1	Relation entre U_c et la tension nominale du réseau	108
B.2	Relation entre U_p et U_c pour une varistance ZnO	108
Annexe C (informative) Environnement – Tensions de chocs dans les réseaux BT		
		112
C.1	Surtensions de foudre	112
C.2	Surtensions de manœuvre	116
C.3	Surtension transitoire due à des défauts	120
Annexe D (informative) Calculs de courants de foudre partiels		
		122
Annexe E (informative) Surtension temporaire – Surtension en basse tension due à des défauts entre réseaux haute tension et terre		
		124
E.1	Généralités	124
E.2	Exemple d'un schéma TT – Calcul de surtensions temporaires possibles	126
E.3	Valeurs des surtensions temporaires selon la CEI 60364-4-44	130
E.4	Valeurs des TOV pour le schéma TNC-S des USA	150
Annexe F (informative) Règles et principes de coordination		
		154
F.1	Généralités	154
F.2	Etudes analytiques: cas simple de la coordination de deux varistances à l'oxyde de zinc	154
F.3	Etude analytique: cas de la coordination entre un éclateur et un parafoudre à varistance à l'oxyde de zinc	162
F.4	Etude analytique: coordination générale de deux parafoudres	166
F.5	Méthode d'énergie de non fonctionnement	168
Annexe G (informative) Exemples d'application de la CEI 61643-12		
		174
G.1	Utilisation domestique	174
G.2	Utilisation industrielle	178
G.3	Présence d'un parafoudre	180
Annexe H (informative) Exemples d'application de l'analyse des risques		
		184
Annexe I (informative) Contraintes de réseaux		
		186
I.1	Courants et surtensions de foudre [4.1.1]	186
I.2	Surtensions de manœuvre [4.1.2]	190
I.3	Surtensions temporaires U_{TOV} [4.1.3]	190

7	Risk analysis	97
8	Co-ordination where equipment has both signalling and power terminals	99
Annex A (informative) Typical information given with inquiries and tenders and explanation of testing procedures		101
A.1	Information given with inquiries	101
A.2	Information given with tender	103
A.3	Explanation of testing procedures used in IEC 61643-1	105
Annex B (informative) Examples of relationship between U_c and the nominal voltage used in some systems and example of relationship between U_p and U_c for ZnO varistor		109
B.1	Relationship between U_c and the nominal voltage of the system	109
B.2	Relationship between U_p and U_c for a ZnO varistor	109
Annex C (informative) Environment – Surge voltages in LV systems		113
C.1	Lightning overvoltages	113
C.2	Switching overvoltages	117
C.3	Transient overvoltage due to faults	121
Annex D (informative) Partial lightning current calculations		123
Annex E (informative) TOV in the low-voltage system due to faults between high-voltage systems and earth		125
E.1	General	125
E.2	Example of a TT system – Calculation of the possible temporary overvoltages	127
E.3	Values of the temporary overvoltages according to IEC 60364-4-44	131
E.4	Values of the temporary overvoltages for the US TN C-S system	151
Annex F (informative) Co-ordination rules and principles		155
F.1	General	155
F.2	Analytical studies: simple case of the co-ordination of two ZnO varistor based SPDs	155
F.3	Analytical study: case of co-ordination between a gap-based SPD and a ZnO varistor based SPD	163
F.4	Analytical study: general co-ordination of two SPDs	167
F.5	Let-through energy (LTE) method	169
Annex G (informative) Examples of application		175
G.1	Domestic application	175
G.2	Industrial application	179
G.3	Presence of a lightning protection system	181
Annex H (informative) Examples of application of the risk analysis		185
Annex I (informative) System stresses		187
I.1	Lightning overvoltages and currents [4.1.1]	187
I.2	Switching overvoltages [4.1.2]	191
I.3	Temporary overvoltages U_{TOV} [4.1.3]	191

Annexe J (informative) Critères de sélection des parafoudres	194
J.1 U_T caractéristique de la surtension temporaire [5.5.1.2]	194
J.2 Modes de défaillance des parafoudres [5.5.2.4]	194
Annexe K (informative) Utilisation des parafoudres	200
K.1 Emplacement et protection apportés par les parafoudres [6.1]	200
K.2 Choix des parafoudres	222
Annexe L (informative) Analyse des risques	230
L.1 Groupe A – Paramètres d'environnement	230
L.2 Groupe B – Matériels et installations	232
L.3 Groupe C – Aspects économiques et interruption de service	232
L.4 Groupe D – Sécurité	234
L.5 Groupe E – Dépenses relatives à la protection	234
Bibliographie	236
Figure 1 – Exemples de parafoudres à un port	34
Figure 2 – Exemples de parafoudres à deux ports	36
Figure 3 – Réponse de parafoudres à un port et à deux ports à une onde de choc combinée	38
Figure 4 – Valeurs maximales des U_{TOV} figurant dans la CEI 60364-4-44	52
Figure 5 – Exemples de composants et de combinaisons de composants	56
Figure 6 – Relation entre U_p , U_0 , U_c et U_{cs}	60
Figure 7 – Courbe typique de U_{res} en fonction de I pour une varistance ZnO	66
Figure 8 – Courbe typique d'un éclateur à air	68
Figure 9 – Organigramme d'utilisation des parafoudres	72
Figure 10 – Influence des longueurs des câbles de connexion des parafoudres	76
Figure 11 – Nécessité d'une protection complémentaire	78
Figure 12 – Organigramme pour le choix d'un parafoudre	82
Figure 13 – U_T et U_{TOV}	86
Figure 14 – Utilisation type de deux parafoudres – Schéma électrique	92
Figure D.1 – Calcul simple de la somme des courants de foudre partiels dans un réseau de distribution d'énergie	122
Figure E.1 – Surtension temporaire de fréquence industrielle due à un défaut de terre du réseau haute tension	126
Figure E.2 – Réseaux TN	132
Figure E.3 – Schémas TT	134
Figure E.4 – Schémas IT, exemple a	136
Figure E.5 – Schémas IT, exemple b	138
Figure E.6 – Schémas IT, exemple c1	140
Figure E.7 – Schémas IT, exemple c2	142
Figure E.8 – Schémas IT, exemple d	144
Figure E.9 – Schémas IT, exemple e1	146
Figure E.10 – Schémas IT, exemple e2	148

Annex J (informative) Criteria for selection of SPDs.....	195
J.1 U_T temporary overvoltage characteristic [5.5.1.2].....	195
J.2 SPD failure modes [5.5.2.4]	195
Annex K (informative) Application of SPDs	201
K.1 Location and protection given by SPDs [6.1].....	201
K.2 Selection of SPDs.....	223
Annex L (informative) Risk analysis	231
L.1 Group A – Environmental	231
L.2 Group B – Equipment and facilities	233
L.3 Group C – Economics and service interruption.....	233
L.4 Group D – Safety	235
L.5 Group E – Cost of protection.....	235
Bibliography.....	237
Figure 1 – Examples of one-port SPDs	35
Figure 2 – Examples of two-port SPDs.....	37
Figure 3 – Response of one-port and two-port SPDs to a combination wave impulse	39
Figure 4 – Maximum values of U_{TOV} according to IEC 60634-4-44	53
Figure 5 – Examples of components and combinations of components	57
Figure 6 – Relationship between U_p , U_0 , U_c and U_{cs}	61
Figure 7 – Typical curve of U_{res} versus I for ZnO Varistors	67
Figure 8 – Typical curve for a spark gap	69
Figure 9 – Flow chart for SPD Application.....	73
Figure 10 – Influence of SPD connecting lead lengths	77
Figure 11 – Need for additional protection	79
Figure 12 –Flow chart for the selection of an SPD.....	83
Figure 13 – U_T and U_{TOV}	87
Figure 14 – Typical use of two SPDs – Electrical drawing	93
Figure D.1 – Simple calculation of the sum of partial lightning currents into the power distribution system.....	123
Figure E.1 – Temporary power-frequency overvoltage caused by an earth fault in the high-voltage system	127
Figure E.2 – TN systems.....	133
Figure E.3 – TT systems	135
Figure E.4 – IT system, example a.....	137
Figure E.5 – IT system, example b.....	139
Figure E.6 – IT system, example c1	141
Figure E.7 – IT system, example c2	143
Figure E.8 – IT system, example d.....	145
Figure E.9 – IT system, example e1	147
Figure E.10 – IT system, example e2.....	149

Figure E.11 – Valeurs des TOV pour le schéma TNC-S des USA.....	150
Figure F.1 – Deux varistances à l'oxyde de zinc ayant le même courant nominal de décharge.....	156
Figure F.2 – Deux varistances à l'oxyde de zinc avec des courants nominaux de décharge différents	160
Figure F.3 – Exemple de coordination d'un éclateur et d'un parafoudre à varistance ZnO.....	166
Figure F.4 – LTE – Méthode de coordination avec les paramètres d'une impulsion normale.....	168
Figure G.1 – Installation domestique	176
Figure G.2 – Installation industrielle.....	178
Figure G.3 – Circuit électrique de l'installation industrielle.....	180
Figure G.4 – Installation avec paratonnerre	182
Figure I.1 – Exemple d'écoulement du courant dans les raccordements externes de service (schéma TT)	188
Figure J.1 – Courbe caractéristique pour U_T d'un parafoudre.....	194
Figure J.2 – Déconnecteur interne dans le cas d'un parafoudre à deux ports.....	196
Figure J.3 – Utilisation de parafoudres montés en parallèle.....	196
Figure K.1 – Installation de parafoudres dans des réseaux TN.....	202
Figure K.2 – Installation de parafoudres dans des schémas TT (parafoudre placé en aval du DDR).....	204
Figure K.3 – Installation de parafoudres dans des schémas TT (parafoudre placé en amont du DDR)	206
Figure K.4 – Installation de parafoudres dans des schémas IT sans neutre distribué.....	208
Figure K.5 – Installation caractéristique de parafoudres à l'entrée d'une installation dans le cas d'un schéma TN C-S.....	210
Figure K.6 – Façon générale d'installation de parafoudres à un port.....	212
Figure K.7 – Exemples d'installation acceptables et non acceptables de parafoudres vis à vis de la CEM	214
Figure K.8 – Représentation physique et électrique d'un réseau où le matériel protégé est séparé de la protection apportée par le parafoudre	216
Figure K.9 – Oscillation possible entre un parafoudre à ZnO et le matériel à protéger	218
Figure K.10 – Exemple de doublement de tension	218
Figure K.11 – Subdivision d'un bâtiment en zone de protection	220
Figure K.12 – Coordination de deux varistances à l'oxyde de zinc	226
Tableau 1 – Valeurs maximales des TOV figurant dans la CEI 60364-4-44	50
Tableau 2 – Valeur préférentielle de I_{imp}	64
Tableau 3 – Modes possibles de protection pour différents réseaux BT.....	74
Tableau B.1 – Relation entre U_c et la tension nominale du réseau.....	108
Tableau B.2 – Relation entre U_p et U_c pour une varistance ZnO	110
Tableau F.1	172
Tableau F.2	172
Tableau F.3	172

Figure E.11 – US TN-C-S System	151
Figure F.1 – Two ZnO varistors with the same nominal discharge current	157
Figure F.2 – Two ZnO varistors with different nominal discharge currents	161
Figure F.3 – Example of co-ordination of a gap-based SPD and a ZnO varistor based SPD	167
Figure F.4 – LTE – Co-ordination method with standard pulse parameters	169
Figure G.1 – Domestic installation	177
Figure G.2 – Industrial installation	179
Figure G.3 – Industrial installation circuitry	181
Figure G.4 – Installation with lightning protection system	183
Figure I.1 – Example of diversion of lightning current into the external services (TT system)	189
Figure J.1 – Typical curve for U_T of an SPD	195
Figure J.2 – Internal disconnecter in the case of a two-port SPD	197
Figure J.3 – Use of parallel SPDs	197
Figure K.1 – Installation of surge protective devices in TN-systems	203
Figure K.2 – Installation of surge protective devices in TT-systems (SPD downstream of the RCD)	205
Figure K.3 – Installation of surge protective devices in TT-systems (SPD upstream of the RCD)	207
Figure K.4 – Installation of surge protective devices in IT-systems without neutral distributed	209
Figure K.5 – Typical installation of SPD at the entrance of the installation in case of a TN C-S system	211
Figure K.6 – General way of installing one-port SPDs	213
Figure K.7 – Examples of acceptable and unacceptable SPD installations regarding EMC aspects	215
Figure K.8 – Physical and electrical representations of a system where equipment being protected is separated from the SPD giving protection	217
Figure K.9 – Possible oscillation between a ZnO SPD and the equipment to be protected	219
Figure K.10 – Example of voltage doubling	219
Figure K.11 – Subdivision of a building into protection zones	221
Figure K.12 – Co-ordination of two ZnO varistors	227
Table 1 – Maximum TOV values as given in IEC 60634-4-44	51
Table 2 – Preferred values of I_{imp}	65
Table 3 – Possible modes of protection for various LV systems	75
Table B.1 – Relationship between U_c and nominal system voltage	109
Table B.2 – Relationship between U_p/U_c for ZnO varistors	111
Table F.1	173
Table F.2	173
Table F.3	173

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PARAFOUDRES BASSE TENSION –

Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 Norme internationale CEI 61643-12 a été établie par le sous-comité 37A: Dispositifs de protection basse tension contre les surtensions, du comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 61643-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37A/117/FDIS	37A/119/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A à L sont données uniquement à titre d'information.

Les CE 37, SC 37A et SC 37B de la CEI ont adopté un nouveau plan de numérotation de toutes les publications qu'ils ont développées.

Dans la présente norme la série des CEI 61643 couvre toutes les publications des SC 37A et SC 37B selon le tableau ci-dessous sous le titre général *Parafoudres basse tension*.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –**Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage
power distribution systems –
Selection and application principles**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61643-12 has been prepared by subcommittee 37A: Low-voltage surge protective devices, of IEC technical committee 37: Surge arresters.

This standard shall be used in conjunction with IEC 61643-1.

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

FDIS	Report on voting
37A/117/FDIS	37A/119/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A to L are for information only.

The IEC TC 37, SC 37A and SC 37B have adopted a new numbering scheme for all IEC publications developed within these committees.

In this standard, the IEC 61643 series of publications covers all the publications from SC 37A and SC 37B according to the table below with the common general title *Low-voltage surge protective devices*.

Publication	Titre	Document actuel
CEI 61643	Parafoudres basse tension	–
CEI 61643-11	Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais	CEI 61643-1
CEI 61643-12	Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application	CEI 61643-12
CEI 61643-21	Parafoudres basse tension – Partie 21: Parafoudres connectés aux réseaux de télécommunications et de signalisation – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais	CEI 61643-21
CEI 61643-22	Parafoudres basse tension – Partie 22: Parafoudres connectés aux réseaux de télécommunications et signalisation – Principes de choix et d'application	37A/58/NP
CEI 61643-301	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 301: Spécifications générales d'essais	
CEI 61643-302	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 302: Spécifications générales de performances	
CEI 61643-303	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 303: Principes généraux de choix et d'application	
CEI 61643-311	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 311: Spécifications d'essais pour les tubes à décharge (GDTs)	37B/46/CDV (CEI 61647-1)
CEI 61643-312	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 312: Spécifications de performance pour les tubes à décharge (GDTs)	
CEI 61643-313	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 313: Principes généraux de choix et d'application pour les tubes à décharge (GDTs)	
CEI 61643-321	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 321: Spécifications d'essais pour les diodes à avalanche (ABDs)	37B/48/CDV (CEI 61647-2)
CEI 61643-322	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 322: Spécifications de performance pour les diodes à avalanche (ABDs)	
CEI 61643-323	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 323: Principes généraux de choix et d'application pour les diodes à avalanche (ABDs)	
CEI 61643-331	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 331: Spécifications d'essais pour les varistances à oxyde métallique (MOVs)	37B/43/CDV (CEI 61647-3)
CEI 61643-332	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 332: Spécifications de performance pour les varistances à oxyde métallique (MOVs)	
CEI 61643-333	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 333: Principes généraux de choix et d'application pour les varistances à oxyde métallique (MOVs)	
CEI 61643-341	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 341: Spécifications d'essais pour les thyristors supprimeurs de chocs (TSSs)	37B/47/CDV (CEI 61647-4)
CEI 61643-342	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 342: Spécifications de performance pour les thyristors supprimeurs de chocs (TSSs)	
CEI 61643-343	Parafoudres basse tension – Composants pour parafoudres – Partie 343: Principes généraux de choix et d'application pour les thyristors supprimeurs de chocs (TSSs)	

Publication No	Title	Present document
IEC 61643	Low-voltage surge protective devices	–
IEC 61643-11	Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Performance requirements and testing methods	IEC 61643-1
IEC 61643-12	Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles	IEC 61643-12
IEC 61643-21	Low-voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods	IEC 61643-21
IEC 61643-22	Low-voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles	37A/58/NP
IEC 61643-301	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 301: General test specifications	
IEC 61643-302	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 302: General performance specifications	
IEC 61643-303	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 303: General selection and application principles	
IEC 61643-311	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 311: Test specification for gas discharge tubes (GDTs)	37B/46/CDV (IEC 61647-1)
IEC 61643-312	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 312: Performance specification for gas discharge tubes (GDTs)	
IEC 61643-313	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 313: Selection and applications principles for gas discharge tubes (GDTs)	
IEC 61643-321	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 321: Test specification for avalanche breakdown diodes (ABDs)	37B/48/CDV (IEC 61647-2)
IEC 61643-322	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 322: Performance specification for avalanche breakdown diodes (ABDs)	
IEC 61643-323	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 323: Selection and applications principles for avalanche breakdown diodes (ABDs)	
IEC 61643-331	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 331: Test specification for metal oxide varistors (MOVs)	37B/43/CDV (IEC 61647-3)
IEC 61643-332	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 332: Performance specification for metal oxide varistors (MOVs)	
IEC 61643-333	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 333: Selection and application principles for metal oxide varistors (MOVs)	
IEC 61643-341	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 341: Test specification for thyristor surge suppressors (TSSs)	37B/47/CDV (IEC 61647-4)
IEC 61643-342	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 342: Performance specification for thyristor surge suppressors (TSSs)	
IEC 61643-343	Low-voltage surge protective devices – Components for surge protective devices – Part 343: Selection and application principles for thyristor surge suppressors (TSSs)	

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

Withdrawn

0 Introduction

0.1 Généralités

Les parafoudres sont destinés à protéger, dans des conditions spécifiques, les systèmes électriques et leur matériel contre les variations des surtensions et courants, telles que les surtensions dues à la foudre et les surtensions de manœuvre.

Les parafoudres seront choisis selon leur exposition et le taux acceptable de défaillance du matériel et des parafoudres.

Cette norme fournit des informations à l'utilisateur sur les caractéristiques utiles pour sélectionner un parafoudre.

Cette norme fournit des informations pour sélectionner et coordonner les parafoudres dans les systèmes à basse tension en tenant compte de l'environnement dans lequel ils sont appliqués en faisant référence à la CEI 61024-1, à la CEI 61662 et à la CEI 60364. Elle fournit des informations sur le choix et la coordination des parafoudres tout en prenant en compte l'environnement entier dans lequel ils sont mis en œuvre. Exemples: matériel à protéger, caractéristiques du système, niveaux d'isolation, surtensions, méthode d'installation, emplacement des parafoudres, coordination des parafoudres, mode de défaillance des parafoudres et conséquences des défaillances pour les matériels.

Elle donne également des indications sur l'analyse du risque.

Des indications sur les règles de coordination de l'isolement des produits sont données dans la CEI 60664. Des indications sur les prescriptions de sécurité (incendie, surintensités et chocs électriques) et d'installation sont données dans la CEI 60364.

Les publications de la série CEI 60364 donnent des informations directes aux installateurs pour l'installation des parafoudres. La CEI 62066¹⁾ donne plus d'informations sur l'arrière-plan scientifique de la protection contre les chocs de foudre.

0.2 Comment utiliser la présente norme

La liste ci-dessous résume la structure de la présente norme et les informations données dans les articles et les annexes. Les articles principaux fournissent une information de base sur les facteurs utilisés pour le choix des parafoudres. Il est conseillé au lecteur souhaitant obtenir plus de détails sur les renseignements fournis aux articles 4 à 7 de se référer aux annexes appropriées.

L'article 1 décrit le domaine d'application de cette norme.

L'article 2 donne les références normatives dans lesquelles des informations complémentaires peuvent être trouvées.

L'article 3 donne les définitions utiles pour la compréhension de cette norme.

L'article 4 traite des paramètres, des systèmes et des matériels applicables aux parafoudres. En plus des contraintes dues à la foudre, celles créées par le réseau lui-même en tant que surtensions temporaires et surtensions de manœuvre sont décrites.

L'article 5 liste les paramètres utilisés pour la sélection d'un parafoudre et donne quelques explications concernant ces paramètres électriques. Ceux-ci sont en relation avec les données de la CEI 61643-1.

¹⁾ A publier.

0 Introduction

0.1 General

Surge protective devices (SPDs) are used to protect, under specified conditions, electrical systems and equipment against various overvoltages and impulse currents, such as lightning and switching surges.

SPDs shall be selected according to their environmental conditions and the acceptable failure rate of the equipment and the SPDs.

This standard provides information to the user about characteristics useful for the selection of an SPD.

This standard provides information to evaluate, with reference to IEC 61024-1, IEC 61662 and IEC 60364, the need for using SPDs in low-voltage systems. It provides information on selection and co-ordination of SPDs, while taking into account the entire environment in which they are applied. Some examples are: equipment to be protected and system characteristics, insulation levels, overvoltages, method of installation, location of SPDs, co-ordination of SPDs, failure mode of SPDs and equipment failure consequences.

It also provides guidance to perform a risk analysis.

Guidance on requirements for product insulation co-ordination is provided by IEC 60664. Requirements for safety (fire, overcurrent and electric shock) and installation are provided by IEC 60364.

The IEC 60364 series of standards provide direct information for contractors on the installation of SPDs. IEC 62066¹⁾ gives more information on the scientific background of surge protection.

0.2 Keys to understanding the structure of this standard

The list below summarizes the structure of this standard and provides a summary of the information covered in each clause and annex. The main clauses provide basic information on the factors used for SPD selection. Readers who wish to obtain more detail on the information provided in clauses 4 to 7 should refer to the relevant annexes.

Clause 1 describes the scope of this standard.

Clause 2 lists the normative references where additional information may be found.

Clause 3 provides definitions useful for the comprehension of this standard.

Clause 4 addresses the parameters of systems and equipment relevant to SPDs. In addition to the stresses created by lightning, those created by the network itself as temporary overvoltages and switching surges are described.

Clause 5 lists the electrical parameters used in the selection of an SPD and gives some explanation regarding these parameters. These are related to the data given in IEC 61643-1.

¹⁾ To be published.

L'article 6 est l'article principal de cette norme. Il compare les surtensions venant du réseau (article 4) et les caractéristiques du parafoudre (article 5). Il indique comment la protection donnée par les parafoudres peut être affectée par son installation. Les différentes étapes dans le choix d'un parafoudre sont présentées incluant les problèmes de coordination quand plus d'un parafoudre est utilisé dans l'installation (détails sur la coordination en annexe F).

L'article 7 est une introduction à l'analyse du risque (considérations sur l'utilité d'utiliser un parafoudre).

L'article 8 traite de la coordination entre les lignes de télécommunication et de puissance. Cet article est à l'étude.

L'annexe A donne des informations nécessaires sur les appels d'offre et des explications sur les procédures d'essai utilisées dans la CEI 61643-1.

L'annexe B donne des exemples de relation entre les deux paramètres importants du parafoudre (U_c et U_p) dans le cas spécifique des varistances ZnO et aussi de la relation entre U_c et la tension nominale du réseau.

L'annexe C complète les informations données à l'article 4 sur les tensions de choc dans les réseaux basse tension.

L'annexe D traite des calculs du partage des courants de foudre entre les différents systèmes de mise à la terre.

L'annexe E traite des calculs des surtensions temporaires dues à des défauts dans le système haute tension.

L'annexe F complète les informations données à l'article 6 sur les règles de coordination quand plus d'un parafoudre est utilisé dans un réseau.

L'annexe G présente des exemples spécifiques d'application de cette norme.

L'annexe H présente des exemples spécifiques d'analyse du risque. Cette annexe est à l'étude.

L'annexe I complète les informations données à l'article 4 sur les contraintes du réseau.

L'annexe J complète les informations données à l'article 5 sur les critères de choix des parafoudres.

L'annexe K complète les informations données à l'article 6 sur l'utilisation des parafoudres dans différents réseaux basse tension.

L'annexe L complète les informations données à l'article 7 sur les paramètres utilisés dans les analyses du risque.

Clause 6 is the core of this standard. It relates the stresses coming from the network (as discussed in clause 4) to the characteristics of the SPD (as discussed in clause 5). It outlines how the protection given by SPDs may be affected by its installation. The different steps for the selection of an SPD are presented including the problems of co-ordination when more than one SPD is used in an installation (details about co-ordination may be found in annex F).

Clause 7 is an introduction to the risk analysis (considerations of when the use of SPDs is beneficial).

Clause 8 deals with co-ordination between signalling and power lines (under consideration).

Annex A deals with information needed for tenders and explains testing procedures used in IEC 61643-1.

Annex B provides examples of the relationship between two important parameters of SPDs, U_c and U_p , in the specific case of ZnO varistors and also examples of the relationship between U_c and the nominal voltage of the network.

Annex C supplements the information given in clause 4 on surge voltages in low-voltage systems.

Annex D deals with the calculation of the sharing of lightning current between different earthing systems.

Annex E deals with calculation of temporary overvoltages due to faults in the high-voltage system.

Annex F supplements the information given in clause 6 on co-ordination rules when more than one SPD is used in a system.

Annex G provides specific examples on the use of this standard.

Annex H provides specific examples of the use of the risk analysis. This annex is under consideration.

Annex I supplements the information given in clause 4 about system stresses.

Annex J supplements the information given in clause 5 on criteria for selection of SPDs.

Annex K supplements the information given in clause 6 on the application of SPDs in various low-voltage systems.

Annex L supplements the information given in clause 7 on the parameters used in risk analysis.

0.3 Liste des symboles utilisés dans la présente norme

dB	Décibel
CWG	Générateur combiné
E_{MAX}	Energie maximale
CEM	Compatibilité électromagnétique
GDT	Tubes à décharge
HT	Haute tension
I_c	Courant de fonctionnement permanent
I_f	Courant de suite
I_{imp}	Courant de choc pour les essais de classe I
I_L	Courant de charge assignée
I_{max}	Courant maximal de décharge pour les essais de classe II
I_n	Courant de décharge nominal
IP	Degré de protection procuré par l'enveloppe
$I_{crête}$	Valeur crête du courant de choc
I_{sc}	Courant de court-circuit
L	Inductance
LPS	Système de protection contre la foudre
LPZ	Zone de protection contre la foudre
BT	Basse tension
MT	Moyenne tension
MOV	Varistance à oxyde métallique
HTA	Haute tension A (moyenne tension, <50 kV)
N_g	Densité de chocs de foudre
N_k	Niveau céramique
Q	Charge du courant de chocs
RCD	Dispositif de protection à courant résiduel
TOV	Surtension temporaire
SPD	Parafoudre
U_c	Tension maximale de régime permanent
U_{cs}	Tension maximale de fonctionnement continu de réseau d'alimentation
U_{dyn}	Tension dynamique de contournement d'un éclateur
U_m	Tension de limitation mesurée
U_n	Tension nominale du réseau phase terre
U_0	Tension phase neutre du réseau
U_{oc}	Tension en circuit ouvert pour essai de classe III
U_p	Niveau de protection de tension
U_{ref}	Tension de référence d'une varistance
U_{res}	Tension résiduelle
U_T	Surtension temporaire
U_{TOV}	Surtension temporaire du réseau
$U_{TOV,HT}$	Surtension temporaire du réseau d'une alimentation haute tension
$U_{TOV,BT}$	Surtension temporaire du réseau d'une alimentation basse tension
U_W	Tenue à la tension
ZnO	Oxyde de zinc

0.3 List of symbols used in this standard

dB	Decibel
CWG	Combination wave generator
E_{MAX}	Maximum energy withstand
EMC	Electromagnetic compatibility
GDT	Gas discharge tubes
HV	High voltage
I_{c}	Continuous operating current
I_{f}	Follow current
I_{imp}	Impulse current for class I test
I_{L}	Rated load current
I_{max}	Maximum discharge current for class II test
I_{n}	Nominal discharge current
IP	Degrees of protection provided by the enclosure
I_{peak}	Current peak value of impulse current
I_{sc}	Short-circuit current
L	Inductance
LPS	Lightning protection system
LPZ	Lightning protection zone
LV	Low voltage
MOV	Metal oxide varistor
HVA	High voltage A (medium voltage, <50 kV)
MV	Medium voltage
N_{g}	Ground flash density
N_{k}	Keraunic level
Q	Charge of impulse current
RCD	Residual current device
TOV	Temporary overvoltage
SPD	Surge protective device
U_{c}	Maximum continuous operating voltage
U_{cs}	Maximum continuous operating voltage of the power system
U_{dyn}	Dynamic sparkover voltage of a gap
U_{m}	Measured limiting voltage
U_{n}	Nominal voltage of the system phase to earth
U_{o}	Line-to-neutral voltage of the system
U_{oc}	Open-circuit voltage for class III test
U_{p}	Voltage protection level
U_{ref}	Reference voltage of a varistor
U_{res}	Residual voltage
U_{T}	Temporary overvoltage
U_{TOV}	Temporary overvoltage of the network
$U_{\text{TOV,HV}}$	Temporary overvoltage of the network inside the high-voltage system
$U_{\text{TOV,LV}}$	Temporary overvoltage of the network inside the low-voltage system
U_{W}	Voltage withstand
ZnO	Zinc oxide

PARAFOUDRES BASSE TENSION –

Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 61643 donne les principes relatifs au choix, à la mise en œuvre, à l'emplacement et à la coordination des parafoudres à connecter sur des circuits de puissance 50 Hz à 60 Hz courant alternatif et des circuits en courant continu et des matériels de puissance allant jusqu'à 1 000 V efficace ou 1 500 V courant continu.

NOTE 1 Des prescriptions complémentaires peuvent être nécessaires pour des applications particulières telles que traction électrique, etc.

NOTE 2 Il est rappelé que la CEI 60364 s'applique également.

NOTE 3 La présente norme traite seulement des parafoudres et non des composants de parafoudres intégrés dans un matériel.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application de la présente partie de la CEI 61643. 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 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-44, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

CEI 60364-5-53, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

LOW-VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –

Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles

1 Scope

This part of IEC 61643 describes the principles for selection, operation, location and co-ordination of SPDs to be connected to 50 Hz to 60 Hz a.c. and to d.c. power circuits and equipment rated up to 1 000 V r.m.s. or 1 500 V d.c.

NOTE 1 Additional requirements may be necessary for special applications such as electrical traction, etc.

NOTE 2 It should be remembered that IEC 60364 is also applicable.

NOTE 3 This standard deals only with SPDs and not with SPDs components integrated inside equipment.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this part of IEC 61643. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44, *Electrical installations of buildings – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

CEI 61008-1, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel pour usages domestiques et analogues sans dispositif de protection contre les surintensités incorporés (ID) – Partie 1: Règles générales*

CEI 61009 (toutes les parties), *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec protection contre les surintensités incorporée pour installations domestiques et analogues (DD)*

CEI 61024-1, *Protection des structures contre la foudre – Première partie: Principes généraux*

CEI 61312-1, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 1: Principes généraux*

CEI/TS 61312-4, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 4: Protection des équipements dans les structures existantes*

CEI 61643-1, *Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension – Partie 1: Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai*

CEI/TR 61662, *Evaluation des risques de dommages liés à la foudre*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61643, les définitions suivantes s'appliquent.

NOTE Ces définitions, pour la plupart, ont été reproduites de la CEI 61643-1 (le numéro de la définition étant indiqué entre crochets). Pour une meilleure compréhension de l'utilisation des parafoudres, une note a été ajoutée lorsque cela était nécessaire.

3.1

parafoudre

dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de foudre. Il contient au moins un composant non linéaire

[définition 3.1 de la CEI 61643-1]

3.2

courant de fonctionnement permanent (I_c)

courant s'écoulant dans le parafoudre lorsqu'il est alimenté sous la tension maximale de service permanent (U_c) pour chaque mode

[définition 3.12 de la CEI 61643-1]

3.3

tension maximale de régime permanent (U_c)

valeur maximale de la tension efficace ou continue qui peut être appliquée de façon continue pour le mode de protection du parafoudre. Elle est égale à la tension assignée

[définition 3.11 de la CEI 61643-1]

3.4

niveau de protection en tension (U_p)

paramètre qui caractérise le fonctionnement du parafoudre par limitation de la tension entre ses bornes et qui est choisi dans la liste des valeurs préférentielles. Cette valeur est supérieure à la valeur la plus élevée obtenue lors de la mesure de la tension de limitation

[définition 3.15 de la CEI 61643-1]

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar users (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61009 (all parts), *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)*

IEC 61024-1, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

IEC 61312-1, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*

IEC/TS 61312-4, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 4: Protection of equipment in existing structures*

IEC 61643-1, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance, requirements and testing methods*

IEC/TR 61662, *Assessment of the risk of damage due to lightning*

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 61643, the following definitions apply.

NOTE These definitions are for the most part reproduced from IEC 61643-1 (the definition number being indicated within square brackets). Where necessary a note has been added for better understanding regarding application of SPDs.

3.1

surge protective device (SPD)

device that is intended to limit transient overvoltages and divert surge currents. It contains at least one non-linear component

[definition 3.1 of IEC 61643-1]

3.2

continuous operating current (I_c)

current flowing through each mode of protection of the SPD when energized at the maximum continuous operating voltage (U_c) for each mode

[definition 3.12 of IEC 61643-1]

3.3

maximum continuous operating voltage (U_c)

maximum r.m.s. or d.c. voltage which may be continuously applied to the SPD's mode of protection. This is equal to the rated voltage

[definition 3.11 of IEC 61643-1]

3.4

voltage protection level (U_p)

parameter that characterizes the performance of the SPD in limiting the voltage across its terminals, which is selected from a list of preferred values. This value is greater than the highest value of the measured limiting voltages

[definition 3.15 of IEC 61643-1]

3.5

tension de limitation mesurée

amplitude maximale de la tension apparaissant aux bornes du parafoudre lors d'une impulsion de choc de forme d'onde et d'amplitude spécifiées

[définition 3.16 de la CEI 61643-1]

3.6

tension résiduelle (U_{res})

valeur crête de la tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge

[définition 3.17 de la CEI 61643-1]

3.7

surtension temporaire (U_T)

valeur maximale efficace en courant continu de la surtension que le dispositif de protection peut supporter et qui dépasse la tension maximale de régime permanent (U_c) pendant un temps spécifié

NOTE 1 Adapté de 3.18 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 U_T est une tension déclarée par le fabricant pour laquelle le parafoudre a une caractéristique définie pendant une durée spécifiée (ceci signifie soit aucun changement de performance après application de la surtension temporaire soit un défaut tel qu'il n'y ait pas de risque pour le personnel, le matériel ou l'installation).

3.8

surtension temporaire du réseau (U_{TOV})

surtension sur le réseau en un emplacement donné, de durée relativement longue. Les TOV peuvent être causés par des défauts à l'intérieur du réseau basse tension ($U_{TOV,BT}$) ou dans le réseau haute tension ($U_{TOV,HT}$)

NOTE Les surtensions temporaires qui peuvent durer quelques secondes sont généralement dues à des manœuvres ou à des défauts (par exemple, réjection subite de charge, défauts simples, etc.) et/ou à des non-linéarités (effets de ferrorésonance, harmoniques, etc.).

3.9

courant nominal de décharge (I_n)

valeur crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre. Elle est utilisée pour la classification des parafoudres pour les essais de classe II et aussi pour les essais de préconditionnement des parafoudres de classe I et de classe II

[définition 3.8 de la CEI 61643-1]

3.10

courant de choc (I_{imp})

courant de crête ($I_{crête}$) et la charge (Q) essayé conformément à la séquence d'essai de fonctionnement. Il est utilisé pour la classification du parafoudre pour l'essai de classe I

[définition 3.9 de la CEI 61643-1, modifiée]

3.11

onde combinée

délivrée par un générateur appliquant une tension de choc 1,2/50 dans un circuit ouvert et un courant de choc 8/20 en court-circuit. La tension, l'amplitude du courant et les formes d'onde délivrées au parafoudre sont déterminées par le générateur et par l'impédance du parafoudre sur laquelle la surtension est appliquée. Le rapport de la tension de crête en circuit ouvert sur le courant de crête en court-circuit est de 2Ω , cela étant défini comme une impédance fictive (Z_f). Le courant de court-circuit est symbolisé par (I_{sc}). La tension à circuit ouvert est symbolisée par (U_{oc})

[définition 3.24 de la CEI 61643-1]

3.5

measured limiting voltage

maximum magnitude of voltage that is measured across the terminals of the SPD during the application of impulses of specified waveshape and amplitude

[definition 3.16 of IEC 61643-1]

3.6

residual voltage (U_{res})

peak value of voltage that appears between the terminals of an SPD due to the passage of discharge current

[definition 3.17 of IEC 61643-1]

3.7

temporary overvoltage (U_T)

maximum r.m.s. value or d.c. overvoltage that the protective device can withstand and that exceeds the maximum continuous operating voltage (U_c) for a specified time duration

NOTE 1 Adapted from 3.18 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 U_T is a voltage declared by the manufacturer at which the SPD has a defined characteristic for a given specific duration (this means either no change in the performance after application of the temporary overvoltage or the failure should be such that there is no hazard for either personnel, equipment or facility).

3.8

temporary overvoltage of the network (U_{TOV})

power frequency overvoltage occurring on the network at a given location, of relatively long duration. TOVs may be caused by faults inside the LV system ($U_{TOV,LV}$) or inside the HV system ($U_{TOV,HV}$)

NOTE Temporary overvoltages, typically lasting up to several seconds, usually originate from switching operations or faults (for example, sudden load rejection, single-phase faults, etc.) and/or from non-linearity (ferroresonance effects, harmonics, etc.)

3.9

nominal discharge current (I_n)

crest value of the current through the SPD having a current waveshape of 8/20. This is used for the classification of the SPD for class II test and also for preconditioning of the SPD for class I and II tests

[definition 3.8 of IEC 61643-1]

3.10

impulse current (I_{imp})

current peak value (I_{peak}) and the charge (Q) tested according to the test sequence of the operating duty test. This is used for the classification of the SPD for class I test

[definition 3.9 of IEC 61643-1, modified]

3.11

combination wave

delivered by a generator that applies a 1,2/50 voltage impulse across an open circuit and an 8/20 current impulse into a short circuit. The voltage, current amplitude and waveforms that are delivered to the SPD are determined by the generator and the impedance of the SPD to which the surge is applied. The ratio of peak open-circuit voltage to peak short-circuit current is 2Ω , this is defined as the fictive impedance (Z_f). The short-circuit current is symbolized by (I_{sc}). The open-circuit voltage is symbolized by (U_{oc})

[definition 3.24 of IEC 61643-1]

3.12

courant de choc 8/20

courant de choc dont le front de montée virtuel est de 8 μ s et dont la durée jusqu'à mi-valeur est de 20 μ s

[définition 3.23 de la CEI 61643-1]

3.13

tension de choc 1,2/50

tension de choc dont le front de montée virtuel (temps de montée de 10 % à 90 % de la valeur de crête) est de 1,2 μ s et dont la durée jusqu'à mi-valeur est de 50 μ s

[définition 3.22 de la CEI 61643-1]

3.14

emballement thermique

condition de fonctionnement où la puissance continue dégagée dans le parafoudre dépasse la tenue de dissipation thermique de l'enveloppe et des connexions, conduisant à un accroissement cumulatif de la température des composants internes et à leur défaillance

[définition 3.25 de la CEI 61643-1]

3.15

stabilité thermique

un parafoudre est thermiquement stable si, après l'essai de fonctionnement à l'origine de l'élévation de sa température, la température du parafoudre diminue dans le temps, le parafoudre étant alimenté sous une tension maximale de service permanent et dans les conditions de température ambiante spécifiées

[définition 3.26 de la CEI 61643-1]

3.16

dispositif de déconnexion du parafoudre

dispositif assurant la déconnexion d'un parafoudre du circuit de puissance en cas de défaillance du parafoudre. Il assure la protection contre un défaut persistant du système et donne une indication visible de la défaillance du parafoudre

NOTE 1 Adapté de 3.29 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Trois fonctions au moins sont nécessaires pour les dispositifs de déconnexion du parafoudre: protection contre les effets thermiques (emballements thermiques des varistances, etc.), protection contre les courts-circuits internes et contre les contacts indirects. Ces fonctions peuvent être réalisées par un ou plusieurs déconnecteurs. Chaque déconnecteur peut être ou intégré au parafoudre ou externe à celui-ci. Elles peuvent être mises en liaison avec le parafoudre ou en ligne avec le réseau électrique.

3.17

essais de type

essais effectués lors du développement d'un nouveau parafoudre. Ils sont utilisés pour définir des performances représentatives et pour démontrer la conformité aux normes applicables. Une fois réalisés, ces essais n'ont pas besoin d'être répétés sauf si la conception a évolué pour modifier ses performances. Dans ce cas, seuls les essais nécessaires sont répétés

[définition 3.31 de la CEI 61643-1]

3.18

essais individuels

essais effectués sur chaque parafoudre ou sur des parties et des équipements tels qu'ils sont prescrits afin de s'assurer que le produit satisfait aux spécifications prévues

[définition 3.32 de la CEI 61643-1]

3.12**8/20 current impulse**

current impulse with a virtual front time of 8 μs and a time to half-value of 20 μs

[definition 3.23 of IEC 61643-1]

3.13**1,2/50 voltage impulse**

voltage impulse with a virtual front time (time to rise from 10 % to 90 % of the peak value) of 1,2 μs and a time to half-value of 50 μs

[definition 3.22 of IEC 61643-1]

3.14**thermal runaway**

operational condition when the sustained power dissipation of an SPD exceeds the thermal dissipation capability of the housing and connections, leading to a cumulative increase in the temperature of the internal elements culminating in failure

[definition 3.25 of IEC 61643-1]

3.15**thermal stability**

an SPD is thermally stable if after the operating duty test causing temperature rise, the temperature of the SPD decreases with time when the SPD is energized at specified maximum continuous operating voltage and at specified ambient temperature conditions

[definition 3.26 of IEC 61643-1]

3.16**SPD disconnecter**

device for disconnecting an SPD from the system in the event of SPD failure. It is to prevent a persistent fault on the system and to give visible indication of the SPD failure

NOTE 1 Adapted from 3.29 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 At least three functions are needed for SPD disconnectors: protection against thermal problems (such as thermal runaway on varistors, etc.), protection against internal short circuits and protection against indirect contact. These functions may be achieved by one or more disconnector(s). Each disconnector may either be integrated into the SPD or external to it. They may be used in the SPD circuit or in line with the supply.

3.17**type tests**

tests which are made upon the completion of the development of a new SPD design. They are used to establish representative performance and to demonstrate compliance with the relevant standard. 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

[definition 3.31 of IEC 61643-1]

3.18**routine tests**

tests made on each SPD or on parts and materials as required to ensure that the product meets the design specifications

[definition 3.32 of IEC 61643-1]

3.19

essais de réception

essais effectués lorsqu'il y a accord entre le constructeur et l'acheteur sur les essais à effectuer sur le parafoudre ou sur des échantillons représentatifs

[définition 3.33 de la CEI 61643-1]

3.20

degré de protection procuré par une enveloppe (code IP)

extension de protection procurée par une enveloppe contre l'accès aux parties dangereuses, contre la pénétration d'objets solides et/ou d'eau (voir CEI 60259)

[définition 3.30 de la CEI 61643-1]

3.21

chute de tension (en pourcentage)

$$\Delta U = [(U_e - U_s) / U_e] \times 100 \%$$

où U_e est la tension d'entrée et U_s la tension de sortie mesurées de manière simultanée lorsque toute la charge résistive assignée est connectée. Ce paramètre n'est utilisé que pour les parafoudres à deux ports

[définition 3.20 de la CEI 61643-1]

3.22

perte d'insertion

pour une fréquence donnée, la perte d'insertion d'un parafoudre connecté à une alimentation donnée est définie comme le rapport des tensions apparaissant aux bornes immédiatement en amont du point d'insertion, avant et après insertion du parafoudre à l'essai. Ce résultat est exprimé en décibels (dB)

NOTE Les prescriptions et les essais sont à l'étude

[définition 3.21 de la CEI 61643-1]

3.23

capacité de tenue aux chocs aval pour parafoudre à deux ports

aptitude d'un parafoudre à deux ports de résister aux chocs sur les bornes de sortie issus des charges en aval du parafoudre

[définition 3.19 de la CEI 61643-1]

3.24

tenue au court-circuit

courant maximal de court-circuit que le parafoudre peut supporter

NOTE 1 Adapté de 3.28 de la CEI 61643-1 par addition de la note suivante.

NOTE 2 Cette définition se réfère au courant continu et au courant alternatif 50/60 Hz. Deux valeurs de tenue aux courts-circuits pour un parafoudre à deux ports ou pour un parafoudre à un port ayant des bornes d'entrée et de sortie séparées: l'un correspondant à un court-circuit interne (shuntant la partie interne sous tension) et un autre correspondant à un court-circuit externe directement sur les bornes de sortie (cas d'un défaut dans la charge). Dans la CEI 61643-1, l'essai pour la tenue au court-circuit se fait seulement pour des courts-circuits internes. Un essai de court-circuit externe est à l'étude.

3.19**acceptance tests**

tests which are made when it has been agreed between the manufacturer and the purchaser that the SPD or representative samples of an order are to be tested

[definition 3.33 of IEC 61643-1]

3.20**degrees of protection provided by enclosure (IP code)**

extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or against ingress of water (see IEC 60529)

[definition 3.30 of IEC 61643-1]

3.21**voltage drop (in per cent)**

$$\Delta U = [(U_{in} - U_{out}) / U_{in}] \times 100 \%$$

where U_{in} is the input voltage and U_{out} is the output voltage measured simultaneously with a full rated resistive load connected. This parameter is only used for two-port SPDs

[definition 3.20 of IEC 61643-1]

3.22**insertion loss**

at a given frequency, the insertion loss of an SPD connected into a given power system is defined as the ratio of voltages appearing across the mains immediately beyond the point of insertion before and after the insertion of the SPD under test. This result is expressed in decibels (dB)

NOTE Requirements and tests are under consideration.

[definition 3.21 of IEC 61643-1]

3.23**load-side surge withstand capability for a two-port SPD**

ability of a two-port SPD to withstand surges on the output terminals originated in loads downstream of the SPD

[definition 3.19 of IEC 61643-1]

3.24**short-circuit withstand**

maximum prospective short-circuit current that the SPD is able to withstand

NOTE 1 Adapted from 3.28 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 This definition refers both to d.c. and a.c. 50/60 Hz. Two short-circuit withstand values may be defined for two-port SPDs or one-port SPDs having separated input and output terminals: one corresponding to an internal short circuit (by-passing the internal active part) and another one corresponding to an external short circuit directly at the output terminals (case of a failure at the load). In IEC 61643-1, the short-circuit withstand test is only for internal short circuits. An external short-circuit test is under consideration.

3.25

parafoudre à un port

parafoudre connecté en dérivation du circuit à protéger. Un dispositif à un port peut avoir des bornes d'entrée et de sortie séparées sans impédance spécifique en série entre ces bornes

NOTE 1 Adapté de 3.2 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 La figure 1 représente des types de parafoudres à un port et particulièrement le schéma générique d'un parafoudre à un port (figure 1c). Un parafoudre à un port peut être connecté en parallèle (figure 1a) ou en série avec l'alimentation (figure 1b). Dans le premier cas, le courant de charge ne s'écoule pas dans le parafoudre. Dans le deuxième cas, le courant de charge s'écoule à travers le parafoudre, et la température s'élève sous le courant de charge et le courant maximal admissible de charge peut être déterminé comme un parafoudre à deux ports. Les figures 3b à 3d montrent la réponse de divers parafoudres à un port à un choc de 8/20 appliqué par un générateur à onde combinée.

3.26

parafoudre à deux ports

parafoudre équipé de deux jeux de bornes, entrée et sortie. Une impédance spécifique en série est insérée entre les alimentations et la charge

NOTE 1 Adapté de 3.3 de la CEI 61643-1 par addition de la note suivante.

NOTE 2 La tension de limitation mesurée peut être plus élevée sur les bornes d'entrée que sur les bornes de sortie. C'est la raison pour laquelle le matériel à protéger est à connecter aux bornes de sorties. La figure 2 montre des types de parafoudres à deux ports. Les figures 3e et 3f montrent l'exemple d'un parafoudre à deux ports à une onde 8/20 appliquée à un générateur à onde combinée.

3.27

parafoudre de type coupure en tension

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui peut chuter rapidement en réponse d'un choc. Des composants habituels utilisés comme dispositifs à coupure en tension sont les éclateurs, les tubes à gaz, les thyristors (redresseurs silicium) et les triacs. Ces parafoudres sont parfois dites «de type crowbar»

NOTE 1 Adapté de 3.4 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Un dispositif de coupure de tension présente une caractéristique discontinue de U en fonction de I . La figure 3c montre des exemples de parafoudres de type courant en tension à choc appliqué par un générateur combiné.

3.25

one-port SPD

SPD connected in shunt with the circuit to be protected. A one-port device may have separate input and output terminals without a specified series impedance between these terminals

NOTE 1 Adapted from 3.2 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 Figure 1 shows some typical one-port SPDs and the generic drawing for a one-port SPD (figure 1c). A one-port SPD may be connected in shunt, figure 1a, or in line with the power supply, figure 1b. In the first case, the load current is not flowing through the SPD. In the second case, the load current is flowing through the SPD and the temperature rise under load current and the associated maximum admissible load current may be determined as for a two-port SPD. Figure 3b to 3d show the response of various types of one-port SPD to an 8/20 impulse applied via a combination wave generator.

3.26

two-port SPD

SPD with two sets of terminals, input and output. A specific series impedance is inserted between these terminals

NOTE 1 Adapted from 3.3 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 The measured limiting voltage may be higher at the input terminals than at the output terminals. Therefore, equipment to be protected is to be connected to the output terminals. Figure 2 shows typical two-port SPDs. Figure 3e and figure 3f show the response of a two-port SPD to an 8/20 impulse applied via a combination wave generator.

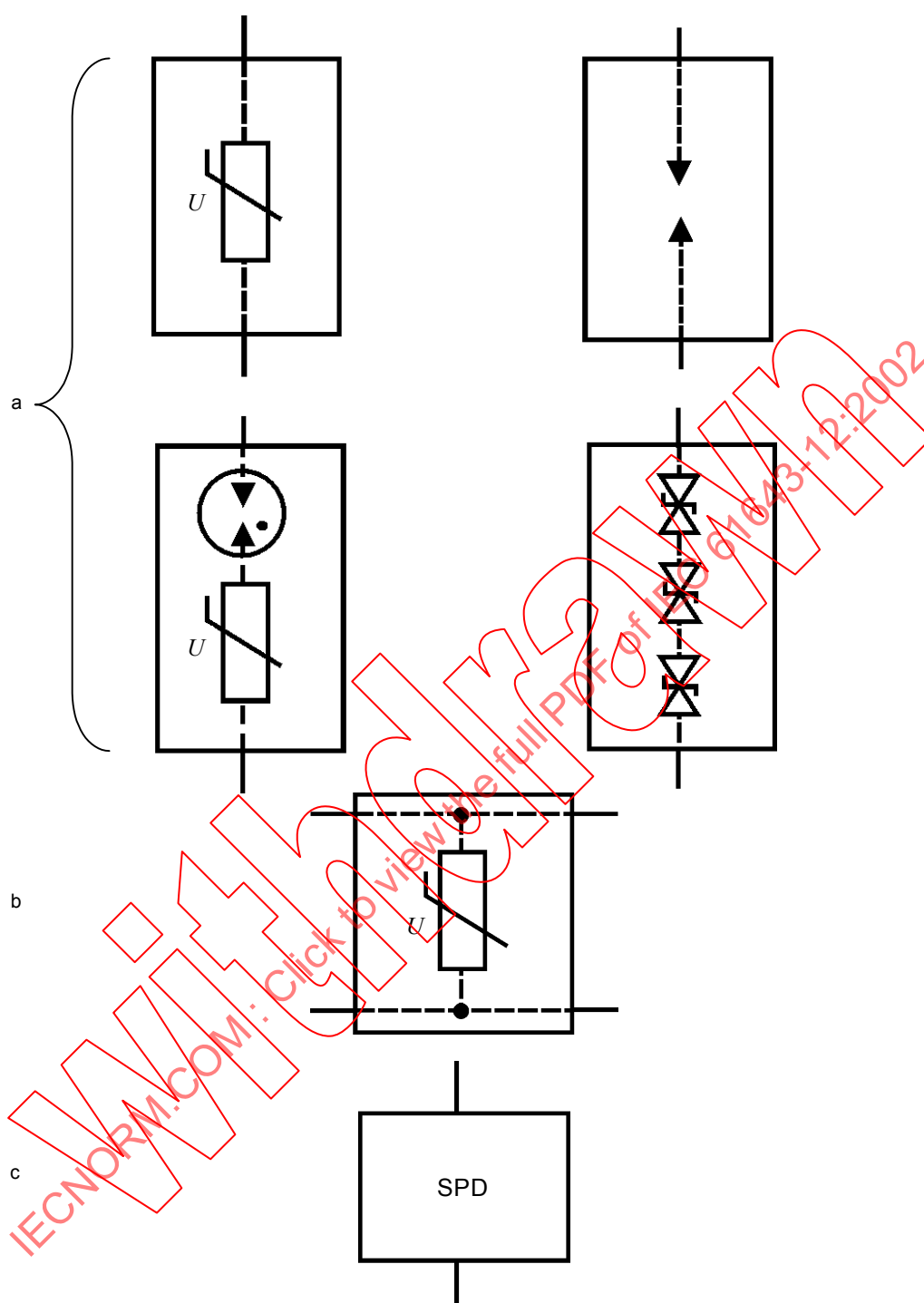
3.27

voltage switching type SPD

SPD that has a high impedance when no surge is present, but can have a sudden change in impedance to a low value in response to a voltage surge. Common examples of components used as voltage-switching devices are spark-gaps, gas discharge tubes (GDT), thyristors (silicon-controlled rectifiers) and triacs. These SPDs are sometimes called "crowbar type"

NOTE 1 Adapted from 3.4 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 A voltage-switching device has a discontinuous U versus I characteristic. Figure 3c shows the response of a typical voltage switching SPD to an impulse applied via a combination wave generator.

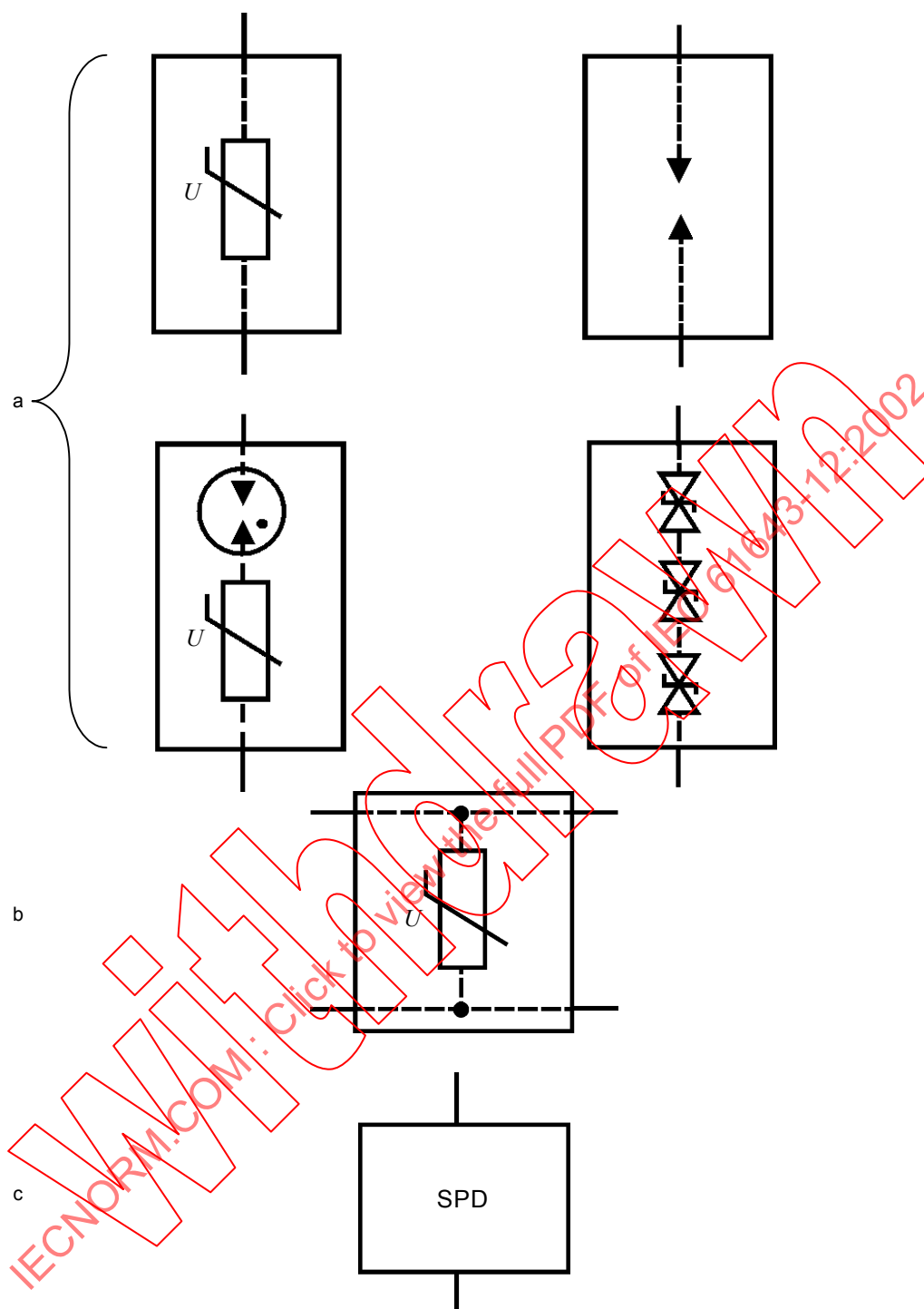


IEC 335/02

Légende

- a Parafoudres à un port
- b Parafoudre à un port à bornes d'entrée/sortie séparées
- c Symbole générique d'un parafoudre à un port

Figure 1 – Exemples de parafoudres à un port

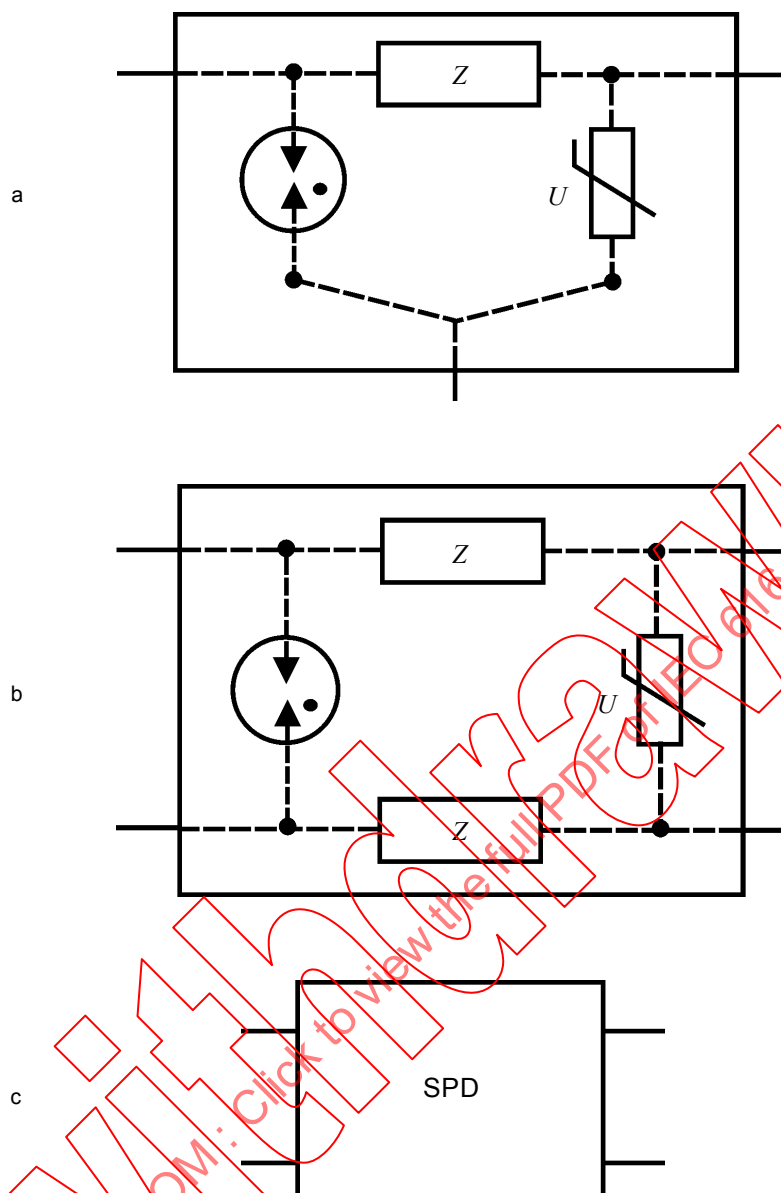


IEC 335/02

Key

- a One-port SPDs
- b One-port SPD with separate input and output terminals
- c Generic symbol for a one-port SPD

Figure 1 – Examples of one-port SPDs

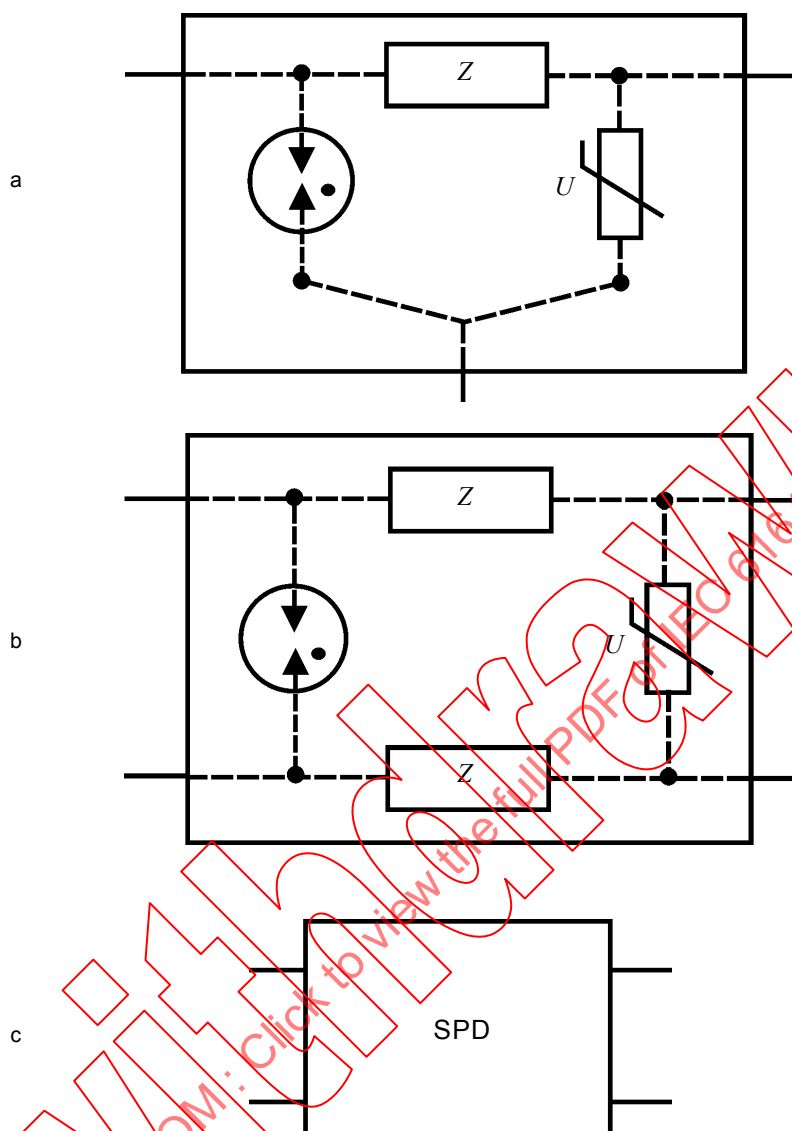


IEC 336/02

Légende

- a Parafoudre à deux ports à trois bornes
- b Parafoudre à deux ports à quatre bornes
- c Symbole générique d'un parafoudre à deux ports
- Z Impédance série entre les bornes d'entrée et de sortie

Figure 2 – Exemples de parafoudres à deux ports

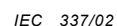


IEC 336/02

Key

- a Three-terminal two-port SPD
- b Four-terminal two-port SPD
- c Generic symbol for a two-port SPD
- Z Series impedance between input and output terminals

Figure 2 – Examples of two-port SPDs



a Forme d'onde de courant appliquée

- b Réponse d'un parafoudre du type à limitation de tension
- c Réponse d'un parafoudre du type à commutation de tension
- d Réponse d'un parafoudre du type à un port combiné
- e Réponse d'un parafoudre du type à deux ports combinés
- f Réponse d'un parafoudre du type à deux ports à limitation de tension avec filtre

Figure 3 – Réponse de parafoudres à un port et à deux ports à une onde de choc combinée

3.28

parafoudre de type à limitation de tension

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue avec un courant et une tension de choc croissants. Des exemples habituels de composants utilisés comme dispositifs non linéaires sont les varistances et les diodes écrêteuses. Ces parafoudres sont parfois dits «parafoudres de type clamping»

NOTE 1 Adapté de 3.5 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Un dispositif à limitation de tension présente une caractéristique continue de U en fonction de I . La figure 3b donne des exemples de parafoudres de type limitation en tension à un choc appliqué à un générateur combiné.

3.29

parafoudre de type combiné

parafoudre comprenant des composants de type coupure en tension et de type limitation de tension et pouvant couper en tension, limiter en tension ou effectuer les deux à la fois, et dont le comportement dépend des caractéristiques de la tension appliquée

NOTE 1 Adapté de 3.6 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Les figures 3d et 3e montrent la réponse de parafoudres de type de combinaisons variées à une onde de surtension combinée.

3.30

modes de protection

les composants de protection du parafoudre peuvent être connectés entre phases, entre phase et terre, ou entre phase et neutre, ou entre neutre et terre et toute autre combinaison. Ces chemins sont appelés modes de protection

[définition 3.7 de la CEI 61643-1]

3.31

courant de suite (I_f)

courant fourni par le réseau d'énergie électrique et s'écoulant dans le parafoudre après passage du courant de décharge et qui est très différent du courant de fonctionnement permanent (I_c)

[définition 3.13 de la CEI 61643-1]

3.32

courant maximal de décharge (I_{max}) pour essai de classe II

valeur crête d'un courant de forme d'onde 8/20 s'écoulant dans le parafoudre et d'amplitude conforme à la séquence d'essai de fonctionnement pour la classe II. I_{max} est supérieur à I_n

[définition 3.10 de la CEI 61643-1]

3.33

dégradation

variation des paramètres de fonctionnement originels due à l'exposition du parafoudre aux chocs, au fonctionnement ou à un environnement défavorable

NOTE 1 Adapté de 3.27 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 La dégradation est une mesure de la capacité d'un parafoudre à supporter les conditions pour lesquelles il a été conçu pendant sa durée de vie. Deux essais de type sont effectués pour vérifier son niveau de dégradation. Le premier est l'essai de fonctionnement en service et le second est l'essai de vieillissement. Cependant, ces deux essais peuvent être combinés.

L'essai de fonctionnement en service est effectué avec un nombre spécifique d'ondes définies de courant appliquées sur le parafoudre. Les modifications autorisées des caractéristiques des parafoudres sont données dans la CEI 61643-1.

L'essai de vieillissement est effectué à une température spécifique à une tension d'amplitude et de durée spécifiées. Les modifications autorisées des caractéristiques des parafoudres sont données dans la présente norme (cet essai est à l'étude).

3.28**voltage limiting type SPD**

SPD that has a high impedance when no surge is present, but will reduce it continuously with increased surge current and voltage. Common examples of components used as non-linear devices are: varistors and suppressor diodes. These SPDs are sometimes called "clamping type"

NOTE 1 Adapted from 3.5 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 A voltage-limiting device has a continuous U versus I characteristic. Figure 3b shows the response of a typical voltage-limiting SPD to an impulse applied via a combination wave generator.

3.29**combination type SPD**

SPD that incorporates both voltage switching type components and voltage limiting type components may exhibit voltage-switching, voltage-limiting, or both voltage-switching and voltage-limiting behaviour depending upon the characteristics of the applied voltage

NOTE 1 Adapted from 3.6 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 Figure 3d and Figure 3e show the response of various typical combination type SPDs to a combination wave impulse.

3.30**modes of protection**

SPD protective components may be connected line to line or line to earth or line to neutral or neutral to earth and combination thereof. These paths are referred to as modes of protection [definition 3.7 of IEC 61643-1]

3.31**follow current (I_f)**

current supplied by the electrical power system and flowing through the SPD after a discharge current impulse. The follow current is significantly different from the continuous operating current (I_c)

[definition 3.13 of IEC 61643-1]

3.32**maximum discharge current (I_{max}) for class II test**

crest value of a current through the SPD having an 8/20 waveshape and magnitude according to the test sequence of the class II operating duty test. I_{max} is greater than I_n

[definition 3.10 of IEC 61643-1]

3.33**degradation**

change of original performance parameters as a result of exposure of the SPD to surge, service or unfavourable environment

NOTE 1 Adapted from 3.27 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 Degradation is a measure of the ability of an SPD to withstand the conditions for which it is designed throughout its service life. Two type tests are applied to provide confidence with respect to degradation. The first one is the operating duty test and the second is the ageing test. However, these two tests may be combined.

The operating duty test is conducted by applying a specified number of defined current waveshapes to the SPD. Permitted changes in the SPD characteristics are given in IEC 61643-1.

The ageing test is carried out at a specified temperature with a voltage of specified magnitude and duration applied to the SPD. Permitted changes in the SPD characteristics are given in this standard (this test is under consideration).

Ils peuvent être utilisés pour déterminer la durée de vie prospective du parafoudre installé qui devrait aussi tenir compte de ce qui suit:

- la politique de remplacement;
- l'accessibilité et l'emplacement;
- le taux de défaillance acceptable;
- les modes de fonctionnement.

3.34

dispositifs à courant différentiel (DDR)

dispositif de sectionnement mécanique ou association de dispositifs destiné à entraîner l'ouverture des contacts lorsque le courant différentiel-résiduel ou de déséquilibre atteint une valeur donnée dans des conditions spécifiées

[définition 3.37 de la CEI 61643-1]

3.35

tension nominale d'un système

tension par laquelle un système ou un matériel est dénommé et à laquelle certaines caractéristiques de fonctionnement sont rattachées (par exemple 230/400 V).

Dans des conditions normales, il se peut que la tension aux bornes d'alimentation diffère de la tension nominale déterminée par les tolérances du système d'alimentation électrique

NOTE 1 Dans cette norme une tolérance de $\pm 10\%$ est utilisée.

La tension nominale du réseau phase et terre est appelée U_n (voir CEI 60038).

NOTE 2 La tension phase-neutre d'un réseau est appelée U_0 .

3.36

Classification des essais de chocs

3.36.1

essais de classe I

essais de classe I effectués avec le courant nominal de décharge (I_n) défini en 3.9, la tension de choc 1,2/50 définie en 3.13 et le courant maximal I_{imp} pour l'essai de classe I défini en 3.10

3.36.2

essais de classe II

essais de classe II effectués avec le courant nominal de décharge (I_n) défini en 3.9, la tension de choc 1,2/50 définie en 3.13 et le courant maximal de décharge I_{max} pour l'essai de classe II défini en 3.32

3.36.3

essais de classe III

essais de classe III effectués avec l'onde combinée (1,2/50,8/20) définie en 3.11

NOTE Adapté de 3.35.3 de la CEI 61643-1.

3.37

intensité du courant de charge (I_L)

valeur maximale du courant permanent alternatif ou continu pouvant alimenter une charge connectée à la sortie protégée d'un parafoudre

NOTE 1 Adapté de 3.14 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Ceci ne s'applique qu'aux parafoudres présentant des bornes d'entrée et de sortie séparés.

This can be used to determine the SPD prospective installed life which should also consider the following:

- replacement policy;
- location and accessibility;
- acceptable failure rate;
- operating practices.

3.34

residual current device (RCD)

mechanical switching device or association of devices intended to cause the opening of the contacts when the residual or unbalanced current attains a given value under specified conditions

[definition 3.37 of IEC 61643-1]

3.35

nominal voltage of the system

voltage by which a system or equipment is designated and to which certain operating characteristics are referred (for example, 230/400 V).

Under normal system conditions, the voltage at the supply terminals may differ from the nominal voltage as determined by the tolerances of the supply systems

NOTE 1 In this standard a tolerance of $\pm 10\%$ is used.

The nominal voltage of the system phase to earth is called U_n (see IEC 60038).

NOTE 2 The line-to-neutral voltage of the system is called U_0 .

3.36

Impulse test classification

3.36.1

class I test

test carried out with the nominal discharge current (I_n) defined in 3.9, the 1,2/50 voltage impulse defined in 3.13, and the maximum impulse current I_{imp} for class I test defined in 3.10

3.36.2

class II test

test carried out with the nominal discharge current (I_n) defined in 3.9, the 1,2/50 voltage impulse defined in 3.13, and the maximum discharge current I_{max} for class II test defined in 3.32.

3.36.3

class III test

tests carried out with the combination wave (1,2/50, 8/20) defined in 3.11

NOTE Adapted from 3.35.3 of IEC 61643-1.

3.37

rated load current (I_L)

maximum continuous rated r.m.s. or d.c. current that can be supplied to a load connected to the protected output of an SPD

NOTE 1 Adapted from 3.14 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 This is only relevant to SPD(s) having separate input and output terminals.

3.38

protection sélective contre sur les surintensités

dispositif de protection contre les surintensités (par exemple fusible ou disjoncteur) qui appartient à l'installation électrique et qui est situé extérieurement en amont du parafoudre, pour empêcher l'échauffement et la destruction du parafoudre si celui-ci ne peut interrompre le courant de court-circuit de fréquence industrielle

[définition 3.36 de la CEI 61643-1]

3.39

tension maximale en fonctionnement du réseau de distribution (U_{cs})

valeur maximale efficace ou continue pouvant être appliquée au parafoudre. Ceci prend en compte seulement la régulation de tension et/ou la chute ou l'élévation. Elle est directement liée à U_0

Appelée aussi tension maximale présente sur le réseau (voir figure 2).

NOTE Cette tension ne prend pas en compte les harmoniques, les défauts, les TOV ou les conditions transitoires.

3.40

tension d'amorçage d'un parafoudre

valeur de la tension maximale avant la décharge disruptive entre les électrodes de l'éclateur du parafoudre

NOTE 1 Adapté de 3.38 de la CEI 61643-1 par l'addition de la note suivante.

NOTE 2 Un parafoudre à surtension de manœuvre peut être basé sur d'autres composants que des électrodes (par exemple des composants basés sur des silicones)

3.41

système de protection contre la foudre (LPS)

système complet utilisé pour protéger une structure ou son contenu contre les effets de la foudre

4 Systèmes et matériels à protéger

Lors de l'évaluation d'une installation par rapport à l'utilisation des parafoudres, deux facteurs doivent être pris en compte:

- les caractéristiques du réseau de distribution basse tension dans lequel ils doivent être utilisés;
- les caractéristiques des matériels à protéger.

4.1 Réseaux de distribution basse tension

Les réseaux de distribution basse tension sont à la base caractérisés par le type de mise à la terre (TNC, TNS, TNC-S, TT, IT) et la tension nominale (voir 3.35). Des formes variées de surtensions et de courants peuvent se produire. Dans cette norme, les surtensions peuvent être classées en trois groupes:

- surtensions de foudre;
- surtensions de manœuvre;
- surtensions temporaires.

3.38**backup overcurrent protection**

overcurrent device (for example, fuse or circuit-breaker), which is a part of the electrical installation located externally upstream of the SPD, to avoid overheating and destruction in case the SPD is unable to interrupt the power frequency short-circuit current

[definition 3.36 of IEC 61643-1]

3.39**maximum continuous operating voltage of the power system at the SPD location (U_{cs})**

maximum r.m.s. or d.c. voltage to which the SPD may be subjected at the point of application of the SPD. This takes into account only voltage regulation and/or voltage drop or increase. It is directly linked to U_0

Also called actual maximum system voltage (see figure 6).

NOTE This voltage does not take into account harmonics, faults, TOVs or transient conditions.

3.40**sparkover voltage of a voltage-switching SPD**

maximum voltage value before disruptive discharge between the electrodes of the gap of a SPD

NOTE 1 Adapted from 3.38 of IEC 61643-1 by adding the following note.

NOTE 2 A voltage-switching SPD may be based on components other than gaps (for example, silicon-based components).

3.41**lightning protection system (LPS)**

complete system used to protect a structure and its contents against the effects of lightning

4 Systems and equipment to be protected

When evaluating an installation with regard to the use of an SPD, two factors need to be considered:

- the characteristics of the low-voltage power distribution system on which it will be used, including expected types and levels of overvoltage and current;
- the characteristics of the equipment requiring protection.

4.1 Low-voltage power distribution systems

Low-voltage power distribution systems are basically characterized by the type of system earthing (TNC, TNS, TNC-S, TT, IT) and the nominal voltage (see 3.35). Various types of overvoltages and currents may occur. In this standard, the overvoltages are classified into three groups:

- lightning;
- switching;
- temporary overvoltages.

4.1.1 Surtensions de foudre et courants

Dans la plupart des cas, les surtensions de foudre sont le facteur principal pour le choix d'une classe d'essai de parafoudre ainsi que des valeurs de tension et de courant associées (I_{imp} , I_{max} ou U_{oc}) selon la CEI 61643-1.

L'amplitude de la forme d'onde et le courant (ou la tension) des surtensions de foudre sont nécessaires pour le choix correct d'un parafoudre. Il est important de déterminer si le niveau de protection en tension du parafoudre sera approprié au matériel à protéger dans de telles circonstances.

NOTE Par exemple les zones sujettes à de fréquents foudroiements peuvent nécessiter un parafoudre capable de supporter des essais de classe I ou de classe II.

En général (par exemple en cas de coup de foudre direct sur les lignes ou en cas de surtensions induites sur la ligne), des contraintes plus élevées surviennent dans les installations extérieures à la structure. Dans la structure, les contraintes décroissent depuis l'entrée jusqu'aux circuits internes. Cette décroissance est due aux changements d'impédances et de configurations du circuit structure.

Le besoin de protection contre les surtensions de foudre dépend de

- la densité de foudroiement N_g (moyenne du nombre d'impacts, en km^2 et par an, concernant la région où la structure est située). Les systèmes modernes de détection de chocs de foudre peuvent donner cette information sur N_g avec une précision raisonnable;
- l'exposition de l'installation électrique, incluant les autres alimentations. Les réseaux souterrains sont généralement considérés comme étant moins exposés que les réseaux aériens.

Même en alimentation par câbles souterrains, l'utilisation d'un parafoudre peut être recommandée pour assurer la protection de l'installation. Pour déterminer si la protection contre les chocs de foudre est nécessaire, il convient de prendre en compte les points suivants:

- l'installation a un paratonnerre à proximité;
- la longueur de câble est insuffisante pour fournir une séparation appropriée (atténuation) entre l'installation et le réseau aérien;
- des surtensions élevées d'origine atmosphérique sont attendues sur la ligne aérienne fournissant la MT (moyenne tension) provenant du transformateur connecté à l'installation;
- le câble souterrain peut être affecté par un coup de foudre direct dans un sol à haute résistivité;
- la taille et la hauteur du bâtiment alimenté par le câble sont suffisamment grandes pour augmenter d'une façon significative le risque d'impact direct de la foudre. Le risque de coups de foudre directs sur d'autres arrivées (sorties) d'alimentation (lignes téléphoniques, antennes, etc.) qui peuvent affecter les réseaux de distribution et le matériel;
- d'autres arrivées aériennes existent.

Quand plusieurs bâtiments sont alimentés par un seul réseau d'alimentation, les bâtiments qui n'ont pas de parafoudres peuvent subir des contraintes élevées dans leurs réseaux électriques.

Pour les installations de parafoudres dans une structure équipée d'un système externe de protection contre la foudre, il est (dans le cas d'un coup de foudre direct sur une structure) en général suffisant de faire des calculs en utilisant la résistance ohmique de la prise de terre, par exemple, prise de terre du bâtiment, des conduites, prise de terre du réseau de distribution, etc., pour déterminer la distribution de courant dans les parafoudres.

Les annexes C et I donnent de plus amples informations sur les contraintes dues à la foudre.

4.1.1 Lightning overvoltages and currents

In most cases lightning stress is the main factor for the selection of an SPD's class of test and associated current or voltage values (I_{imp} , I_{max} or U_{oc} , according to IEC 61643-1).

Evaluation of the waveshape and current (or voltage) amplitude of the lightning surges is necessary for the proper selection of an SPD. It is important to determine if the voltage protection level of the SPD will be adequate to protect the equipment in such circumstances.

NOTE For example, areas prone to frequent lightning strikes may require an SPD suitable to withstand class I or class II tests.

Generally (for example, in the case of direct strike to the lines or induced surges on the lines), higher stresses occur on the electrical installation external to the structure. Within the structure, the stresses are decreased when moving from the installation's entrance to internal circuits. The decrease is due to the change of circuit configuration and impedances.

The need for protection against lightning surges depends on

- the local ground flash density N_g (average annual ground flash density, in lightning flashes per km^2 per year, concerning the region where the structure is located). Modern lightning location systems can provide information on N_g with reasonable accuracy;
- the exposure of the electrical installation, including incoming services. Underground systems are generally considered to be less exposed than overhead systems.

Even if the supply is provided by an underground cable, the use of an SPD may be recommended to provide protection. To determine if surge protection is needed, the following are some items that should be considered:

- the installation has a lightning protection system in its vicinity;
- the length of the cable is not sufficient to provide adequate separation (attenuation) of the installation from the overhead part of the network;
- high surges of atmospheric origin can be expected on the overhead line supplying the MV (medium voltage) side of the transformer connected to the installation;
- the underground cable may be affected by direct lightning in the presence of high soil resistivity;
- the size or height of the building powered by the cable is large enough to significantly increase the risk for direct strikes to the building. The risk for direct strikes to other incoming (outgoing) services (telephone lines, antenna systems, etc.) that may affect the power system and equipment;
- other overhead services are present.

When many buildings are supplied from a single supply system, those buildings which do not have SPDs may have high stresses on their electrical systems.

For SPD installations in a structure which is equipped with an external lightning protection system, it is (in case of direct lightning to the structure) generally sufficient to make calculations using earthing d.c. resistance readings (for example, earthing of the building and power distribution system, pipes, etc), to determine the current distribution through the SPDs.

Annex C and annex I give more information about lightning stress.

4.1.2 Surtensions de manœuvre

Ces contraintes, en termes de courant crête et de tension, sont généralement plus faibles que les contraintes dues à la foudre mais peuvent durer plus longtemps. Toutefois, dans certains cas, particulièrement en profondeur à l'intérieur d'une structure ou près des sources de surtensions de manœuvre, la contrainte de manœuvre peut être plus élevée que les contraintes provoquées par la foudre. L'énergie liée à ces surtensions de manœuvre devra être connue afin de permettre le choix des parafoudres appropriés. La durée des surtensions de manœuvre, incluant les transitoires dus aux défauts et au fonctionnement des fusibles, peut prendre plus de temps que la durée de la foudre.

L'annexe C donne de plus amples informations sur les surtensions de manœuvre.

4.1.3 Surtensions temporaires U_{TOV}

4.1.3.1 Généralités

Chaque parafoudre peut être exposé pendant sa durée de vie à une surtension temporaire U_{TOV} qui excède la tension maximale de service permanent du réseau.

Une surtension temporaire a deux dimensions, l'amplitude et le temps. La durée de la surtension dépend principalement de la mise à la terre du réseau d'alimentation électrique (ceci inclut à la fois la mise à la terre du réseau d'alimentation en haute tension et la mise à la terre du réseau basse tension auquel le parafoudre est raccordé). En déterminant la surtension temporaire, il faut prendre en considération la tension maximale de service permanent du système d'alimentation (U_{CS}).

L'annexe I fournit des informations supplémentaires sur la surtension temporaire.

4.1.3.2 Valeurs normalisées

La CEI 60364-4-44 donne les valeurs maximales de U_{TOV} susceptibles d'apparaître dans les réseaux à basse tension (pour un calcul plus précis de ces valeurs, se référer à l'annexe E).

Des valeurs inférieures sont possibles qui dépendent de plusieurs facteurs tels que la situation du parafoudre, du type de réseau, etc.

Les valeurs maximales (voir aussi figure 4) données au tableau 1 concernent l'installation de l'utilisateur pour l'emplacement du transformateur (voir tableau 1, note 2).

4.1.2 Switching overvoltages

These stresses, in terms of peak current and voltage, are usually lower than lightning stresses but may have longer duration. However, in some cases, particularly deep inside a structure or close to switching overvoltage sources, the switching stress can be higher than the stresses caused by lightning. The energy related to these switching surges needs to be known to permit the choice of appropriate SPDs. The time duration of the switching surges, including transients due to faults and fuse operations, can be much longer than the lightning surge duration.

Annex C gives more information about switching stress.

4.1.3 Temporary overvoltages U_{TOV}

4.1.3.1 General

Any SPD can be exposed to a temporary overvoltage U_{TOV} during its lifetime that exceeds the maximum continuous operating voltage of the power system.

A temporary overvoltage has two dimensions, magnitude and time. The time duration of the overvoltage primarily depends upon the earthing of the supply system (this includes both the high-voltage supply system as well as the low-voltage system to which the SPD is connected). In determining the temporary overvoltages, consideration should be given to the maximum continuous operating voltage of the power system (U_{cs}).

Annex I provides more information about temporary overvoltage.

4.1.3.2 Standardized values

IEC 60364-4-44 gives the maximum values of U_{TOV} to be expected in low-voltage networks (for a more detailed calculation of these values, refer to annex E).

Lower values are possible depending on many factors such as the location of the SPD, the type of network, etc.

The maximum values (see also figure 4) given in table 1 are at the consumer installation for transformer location (see table 1, note 2).

Tableau 1 – Valeurs maximales des TOV figurant dans la CEI 60364-4-44

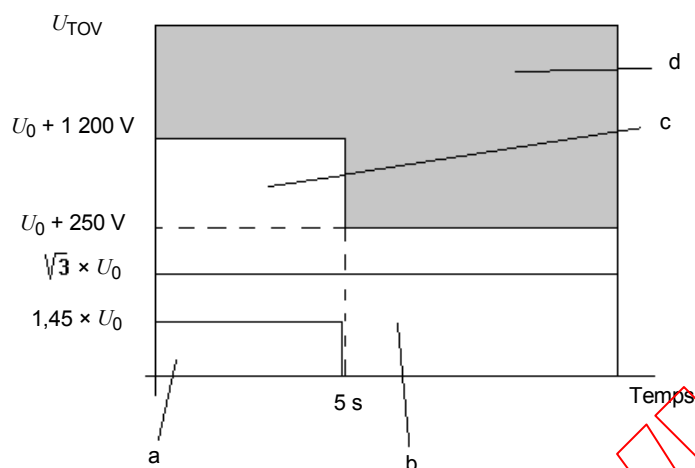
Situation de U_{TOV}	Schéma	Valeurs maximales pour $U_{TOV,HT}$
Entre phase et terre	TT, IT	$U_0 + 250 \text{ V}$ pour durée $>5 \text{ s}$
		$U_0 + 1\,200 \text{ V}$ pour durée jusqu'à 5 s
Entre neutre et terre	TT, IT	250 V pour une durée $>5 \text{ s}$
		$1\,200 \text{ V}$ pour une durée jusqu'à 5 s
Ces valeurs sont des valeurs extrêmes en relation avec les défauts du réseau haute tension et peuvent être calculées en fonction du type de réseau conformément à l'annexe E.		
Situation de U_{TOV}	Schéma	Valeurs maximales pour U_{TOV}
Entre phase et neutre	TT et TN	$\sqrt{3} \times U_0$
Cette valeur est en rapport avec la rupture du conducteur neutre dans le réseau basse tension.		
Entre phase et terre	IT (TT: voir note 1)	$\sqrt{3} \times U_0$
Cette valeur est en rapport avec une mise à la terre accidentelle du conducteur de phase du réseau basse tension.		
Entre phase et neutre	TT, IT et TN	$1,45 \times U_0$ pour une durée jusqu'à 5 s
Cette valeur est en rapport avec le court-circuit entre le conducteur de phase et le conducteur neutre.		
NOTE 1 Il a été démontré que d'aussi hautes TOV peuvent aussi se produire dans les schémas TT pendant des durées jusqu'à 5 s . Voir annexe E pour plus de détails. Ceci ne figure pas dans la CEI 60364-4-44.		
NOTE 2 Les valeurs maximales de TOV à l'emplacement du transformateur peuvent différer de celles du tableau ci-dessus (en plus ou en moins). Voir annexe E pour plus de détails		
NOTE 3 La rupture du neutre n'est pas prise en compte pour le choix des parafoudres.		

Se référer à l'annexe E pour de plus amples informations.

Table 1 – Maximum TOV values as given in IEC 60634-4-44

Occurrence of U_{TOV}	System	Maximum values for $U_{TOV,HV}$
Between phase and earth	TT, IT	$U_0 + 250 \text{ V}$ for duration $>5 \text{ s}$
		$U_0 + 1\,200 \text{ V}$ for duration up to 5 s
Between neutral and earth	TT, IT	250 V for duration $>5 \text{ s}$
		$1\,200 \text{ V}$ for duration up to 5 s
The above values are extreme values related to faults in the high-voltage network and may be calculated depending on the type of network according to annex E.		
Occurrence of U_{TOV}	System	Maximum values for U_{TOV}
Between phase and neutral	TT and TN	$\sqrt{3} \times U_0$
The above value is related to a loss of the neutral conductor in the low-voltage system.		
Between phase and earth	IT system (TT system: see note 1)	$\sqrt{3} \times U_0$
The above value is related to accidental earthing of the phase conductor in the low-voltage system.		
Between phase and neutral	TT, IT and TN	$1,45 \times U_0$ for a duration up to 5 s
The above value is related to short circuit between a line conductor and the neutral conductor.		
NOTE 1 It has been demonstrated that such high TOVs can also occur in TT systems for durations up to 5 s . See annex E for more details. This is not addressed in IEC 60364-4-44.		
NOTE 2 Maximum TOV values at the transformer location may be different from the table above (higher or lower). See annex E for more details.		
NOTE 3 Loss of neutral is not used for selection of SPDs.		

For further information, see annex E.



Légende

- a Zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et neutre en schéma TT, TN et IT pour un défaut dans l'installation basse tension (court-circuit)
- b Zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et terre en réseau IT (TT voir note 1) pour un défaut dans l'installation basse tension (mise à la terre accidentelle de conducteur de phase) et zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et neutre en schémas TT et TN pour un défaut dans l'installation basse tension (rupture du neutre)
- c Valeur maximale de $U_{TOV,HT}$ à l'installation de l'utilisateur entre phase et terre en schémas TT et IT dans le cas d'un défaut se produisant sur le réseau HT
- d Zone indéfinie

Figure 4 – Valeurs maximales des U_{TOV} figurant dans la CEI 60364-4-44

4.2 Caractéristiques des matériels à protéger

A l'étude.

Pour le moment, se référer à la CEI 60664-1 pour la résistance aux chocs du matériel et à la CEI 61000-4-5 pour l'immunité aux chocs du matériel.

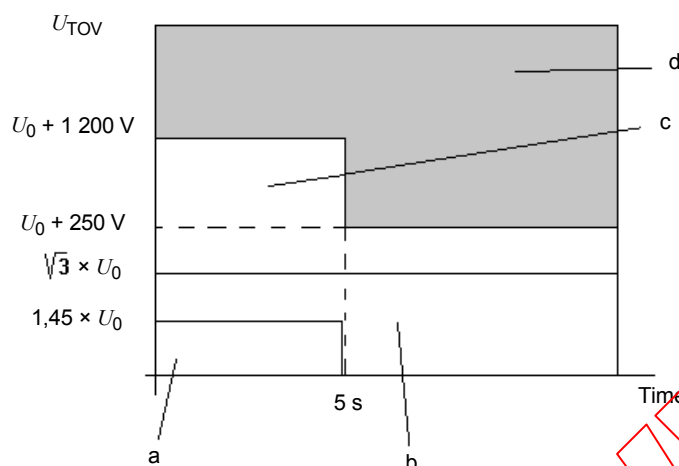
5 Parafoudres

5.1 Fonction de base des parafoudres

Les parafoudres traités dans la présente norme sont ceux installés à l'extérieur des matériels à protéger.

Leur fonction peut être décrite comme suit.

- Dans un réseau en l'absence de coups de foudre: le parafoudre ne doit pas avoir une influence significative sur les caractéristiques de fonctionnement du réseau où il est appliqué.
- Dans les réseaux pendant les chocs de foudre: le parafoudre répond à des chocs en diminuant sa propre impédance et en dérivant ainsi le courant de choc afin de limiter la tension à son niveau de protection. Les chocs de foudre peuvent initier un courant de suite traversant le parafoudre.
- Dans un réseau après la survenue des coups de foudre: le parafoudre retrouve une impédance élevée après les chocs et coupe tout courant de suite possible.



Key

- a Area of $U_{TOV,LV}$ between phase and neutral for TT, TN and IT systems for a fault in the LV installation (short circuit)
- b Area of $U_{TOV,LV}$ between phase and earth for IT (TT see note 1) system for a fault in the LV installation (accidental earthing of a phase conductor) and area of $U_{TOV,LV}$ between phase and neutral for TT and TN systems for a fault in the LV installation (loss of neutral)
- c Maximum value for $U_{TOV,HV}$ at the consumer installation between phase and earth for TT and IT systems in the case of a fault occurring in the HV system
- d Undefined area

Figure 4 – Maximum values of U_{TOV} according to IEC 60634-4-44

4.2 Characteristics of the equipment to be protected

Under consideration.

For the time being refer to IEC 60664-1 for the impulse withstand of equipment and to IEC 61000-4-5 for the impulse immunity of equipment.

5 Surge protective devices

5.1 Basic function of SPDs

The SPDs considered in this standard are those installed external to the equipment to be protected.

Their function can be described as follows.

- In power systems in the absence of surges: the SPD shall not have a significant influence on the operational characteristics of the system to which it is applied.
- In power systems during the occurrence of surges: the SPD responds to surges by lowering its impedance and thus diverting surge current through it to limit the voltage to its protective level. The surges may initiate a power follow current through the SPD.
- In power systems after the occurrence of surges: the SPD recovers to a high-impedance state after the surges and extinguishes any possible power follow current.

Les caractéristiques des parafoudres sont spécifiées pour réaliser les fonctions ci-dessus en conditions normales de service. Les conditions normales de service sont spécifiées par la fréquence et la tension du réseau, le courant de charge, l'altitude (c'est-à-dire la pression atmosphérique) l'humidité et la température de l'air ambiant.

5.2 Prescriptions supplémentaires

En fonction de l'application du parafoudre, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires telles que:

- la protection des parafoudres contre les contacts directs (devra être conforme à la CEI 60364-4-41);
- sécurité en cas de défaut de parafoudre.

Un parafoudre peut être en défaut ou être détruit si les surtensions sont plus élevées que sa résistance maximale en énergie et en courant de décharge. Dans le cas de cette norme, les modes de défaut d'un parafoudre sont divisés en mode circuit ouvert et en mode court-circuit.

En mode circuit ouvert, le système à protéger n'est plus protégé. Dans ce cas, le défaut d'un parafoudre est habituellement difficile à détecter puisqu'il n'a presque aucune influence sur le réseau. Afin d'assurer le remplacement du parafoudre en défaut par un autre avant le prochain choc, une indication de défaut peut être prescrite.

En mode court-circuit, le parafoudre en défaut a une influence très importante sur le réseau. Le courant de court-circuit s'écoule à travers le parafoudre en défaut depuis la source. L'énergie dissipée pendant la conduction du courant de court-circuit peut être excessive et causer un risque d'incendie. L'essai de tenue au court-circuit de la CEI 61643-1 couvre ce problème. Au cas où le circuit à protéger n'a pas de dispositif approprié pour déconnecter le parafoudre en défaut, un dispositif approprié de déconnexion, peut être exigé pour être utilisé en liaison avec un parafoudre ayant un mode de défaut en court-circuit.

5.3 Classification des parafoudres

5.3.1 Parafoudres: classification

Les parafoudres sont classés selon la CEI 61643-1 de la façon suivante.

Nombre de ports: un ou deux

Type de conception: coupure de tension, limitation de tension ou combiné

Essais de classe I, II et/ou III

Emplacement: intérieur ou extérieur

Accessibilité: accessible, pas accessible

Méthode de montage: permanent ou mobile

Déconnecteur: emplacement (externe, interne, externe et interne, aucune) et fonction (thermique, courant de fuite, surintensité)

Protection complémentaire contre les surintensités: spécifiée ou non

Degré de protection procuré par l'enveloppe du parafoudre (code IP)

Gamme de températures

NOTE Par définition, extérieur signifie à l'extérieur des locaux fermés. De ce fait, de tels parafoudres sont soumis à toutes les conditions externes. Intérieur signifie à l'intérieur des locaux fermés. De ce fait, de tels parafoudres sont soumis à des conditions atmosphériques internes.

Certains des choix ci-dessus sont liés à la technologie utilisée et sont définis par le constructeur.

The characteristics of SPDs are specified to achieve the above functions under normal service conditions. The normal service conditions are specified by the frequency of the power-system voltage, load current, altitude (i.e. air pressure), humidity and ambient air temperature.

5.2 Additional requirements

Depending upon the application of the SPD, additional requirements may be needed such as:

- protection of SPDs against direct contact (it shall be in accordance with IEC 60364-4-41);
- safety in the event of SPD failures.

An SPD may fail or be destroyed when surges are greater than its designed maximum energy and discharge current capability. For the purpose of this standard, failure modes of SPDs are divided into open-circuit and short-circuit mode.

In the open-circuit mode the system to be protected is no longer protected. In this case, failure of an SPD is usually difficult to detect since it has almost no influence on the system. To ensure that the failed SPD is replaced before the next surge, an indication function may be required.

In the short-circuit mode, the system is severely influenced by the failed SPD. The short-circuit current flows through the failed SPD from the power source. Energy dissipated during the conduction of short-circuit current may be excessive and cause a fire hazard. The short-circuit withstand capability test of IEC 61643-1 covers this problem. In cases where the system to be protected has no suitable device to disconnect the failed SPD from its circuit, a suitable disconnecting device may be required to be used in conjunction with a SPD which has a short-circuit failure mode.

5.3 Classification of SPDs

5.3.1 SPD: classification

Surge protective devices are classified according to IEC 61643-1 as follows.

Number of ports:	one or two
Design topology:	voltage switching, voltage limiting or combination
Class I, II and/or III tests	
Location:	indoor or outdoor
Accessibility:	accessible, non accessible
Mounting method:	permanent or portable
Disconnecter:	location (external, internal, both external and internal, none) and function (thermal, leakage current, overcurrent)
Back-up overcurrent protection:	specified or not
Degree of protection provided by the SPD enclosure (IP code)	
Temperature range	

NOTE By definition, outdoor means outside closed shelters. Hence, such SPDs are subjected to all external conditions. Indoor means inside closed shelters. Hence, such SPDs are subjected to indoor atmospheric conditions.

Some of the above choices are linked to the technology used and are defined by the manufacturer.

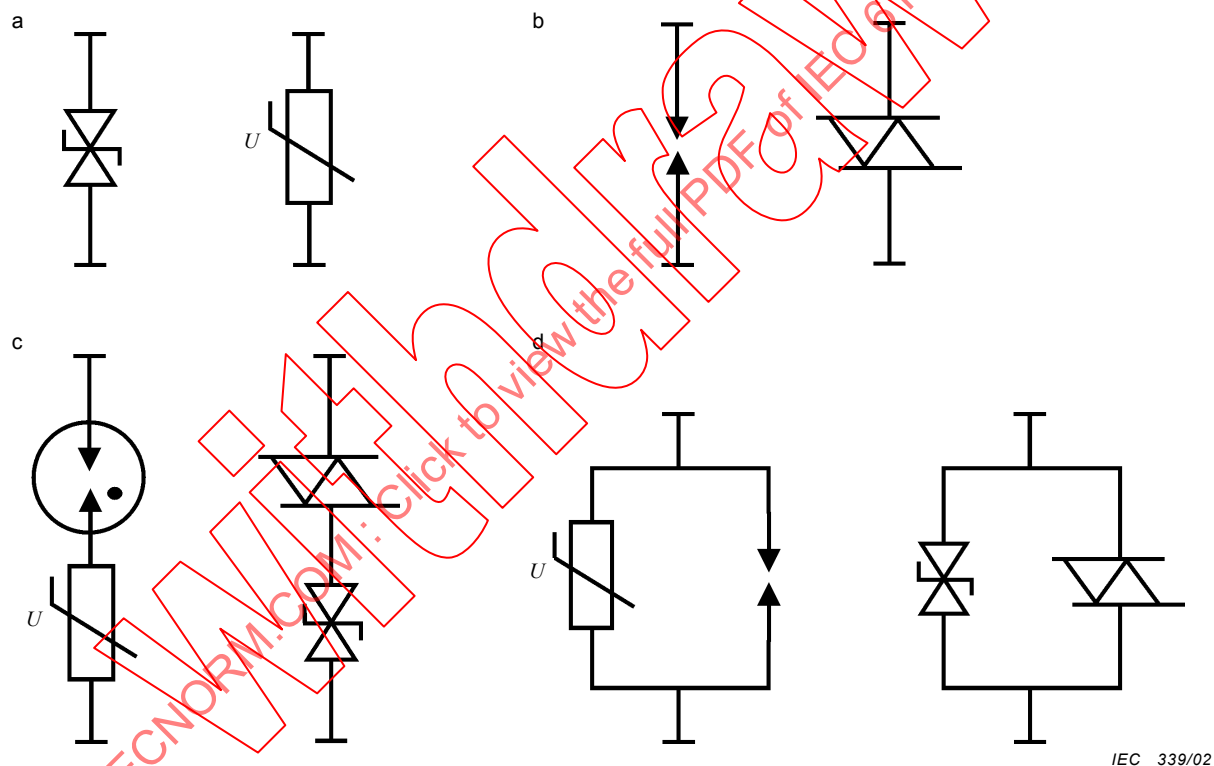
5.3.2 Conception et topologies courantes

Les principaux composants de protection des parafoudres appartiennent à deux catégories:

- les composants de limitation de tension: varistances, diodes à avalanche ou à supresseur, etc.;
- les composants de commutation de tension: éclateurs à air, tubes à décharge de gaz, thyristors (redresseurs contrôlés au silicone), triacs, etc.

Basés sur ces composants, les conceptions de base des parafoudres sont données ci-dessous (voir figure 5):

- simple composant à limitation de tension (voir figure 5a): parafoudre de type limitation de tension;
- simple composant à coupure de tension (figure 5b): parafoudre de type coupure de tension;
- combinaison de composants de limitation de tension et de coupure de tension (figures 5c et d): parafoudre de type combinaison.



Légende

- a Composant à limitation de tension
- b Composant à coupure de tension
- c Composant à limitation de tension en série avec des composants à coupure de tension
- d Composant à limitation de tension en parallèle avec des composants à coupure de tension

Figure 5 – Exemples de composants et de combinaisons de composants

Tous les parafoudres ne sont pas définis par un simple agencement de composants de base. Ils peuvent aussi incorporer des indicateurs, des déconnecteurs, des fusibles, des inductances, des capacités et d'autres composants.

De plus, un parafoudre peut être configuré en: parafoudre à un port (voir 3.25) ou à deux ports (voir 3.26).

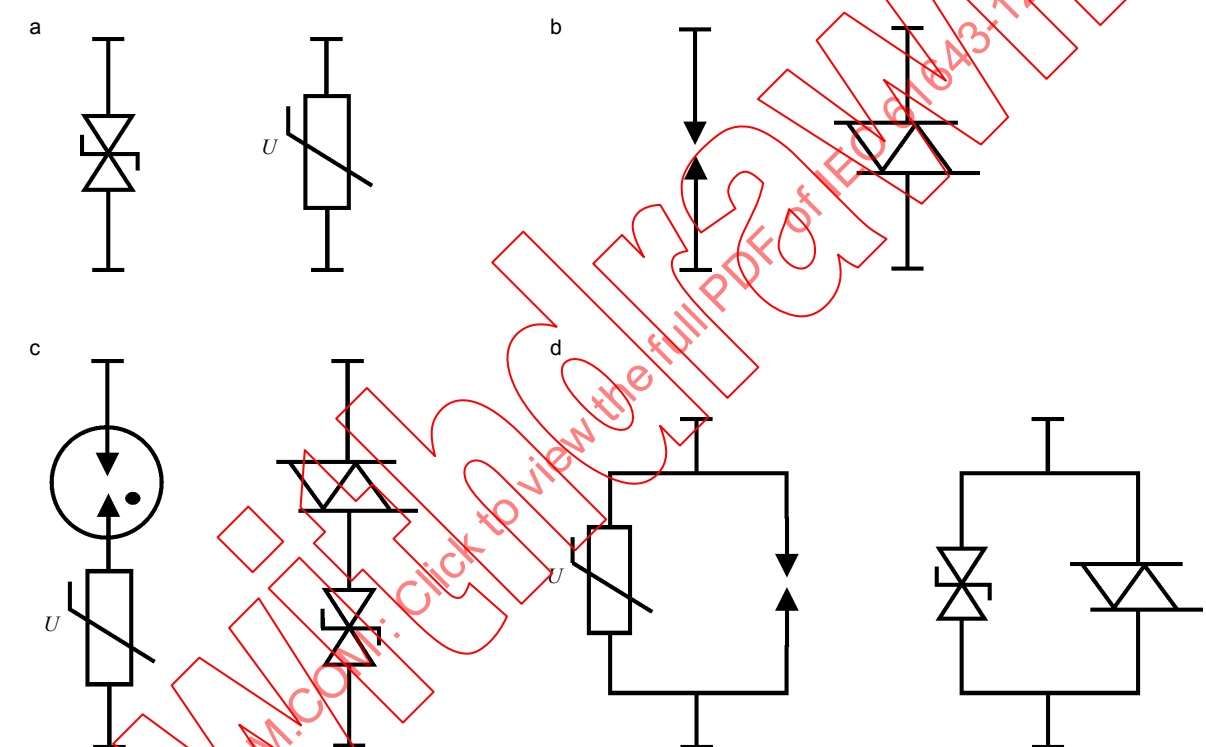
5.3.2 Typical design and topologies

The main protective components used in SPDs belong to two categories:

- voltage-limiting components: varistors, avalanche or suppressor diodes, etc.;
- voltage-switching components: air gaps, gas discharge tubes, thyristors (silicon-controlled rectifiers), triacs, etc.

Based on these components, typical SPD designs are given below (see figure 5):

- single voltage-limiting component (figure 5a): limiting type SPD;
- single voltage-switching component (figure 5b): switching type SPD;
- combination of voltage-limiting and switching components (figures 5c and d): combination type SPD.



Key

- a Voltage-limiting components
- b Voltage-switching components
- c Voltage-limiting components in series with voltage-switching components
- d Voltage-limiting components in parallel with voltage-switching components

Figure 5 – Examples of components and combinations of components

Not all SPDs are defined by a simple arrangement of basic components. They may additionally incorporate indicators, disconnectors, fuses, inductors, capacitors and other components.

Additionally an SPD can be configured as: one-port SPD (see 3.25) or two-port SPD (see 3.26).

5.4 Caractéristiques des parafoudres

5.4.1 Conditions de services décrites dans la CEI 61643-1

Conditions normales d'utilisation:

- La fréquence du réseau électrique est située entre 48 Hz et 62 Hz alternatif ou en continu.
- L'altitude ne doit pas être supérieure à 2 000 m.
- Température d'utilisation et de stockage: domaine normal de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, domaine étendu de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- L'humidité relative à des conditions de température internes doit être située entre 30 % et 90 %.

NOTE 1 L'utilisateur détermine l'emplacement où le parafoudre est appliqué (extérieur, intérieur, etc.) et devrait décider si les conditions de température ambiante sont du domaine normal ou étendu.

NOTE 2 La CEI 61643-1 donne aussi des indications sur la tension maximale de fonctionnement permanent du parafoudre (voir 6.2.1 de la présente norme).

Conditions anormales d'utilisation:

Dans le cas de parafoudres exposés à des conditions anormales d'utilisation, il peut être nécessaire de tenir spécialement compte de la conception et de l'application du parafoudre et de le signaler au fabricant.

Exposition au soleil: la plupart des parafoudres ne sont pas exposés au rayonnement solaire. En général, le rayonnement solaire n'est pas pris en compte lors des essais de type. Au cas où les parafoudres sont exposés à des rayonnements solaires, il convient que cela soit pris en compte et les essais effectués en conséquence.

NOTE 3 En général, il convient que le degré de protection de l'enveloppe du parafoudre soit supérieur à IP2X. Dans certains cas, d'autres valeurs peuvent être utilisées (par exemple pour le parafoudre installé à l'extérieur).

5.4.2 Liste des paramètres pour le choix des parafoudres

La liste non exhaustive suivante fournit des paramètres nécessaires à l'utilisateur pour sélectionner de manière appropriée le (les) parafoudre(s).

NOTE Quelques-uns de ces paramètres sont définis par mode de protection.

- a) U_c et I_c : Tension maximale de régime permanent et courant de fonctionnement permanent
- b) U_T : (Tenue aux surtensions temporaires) (à l'étude)
- c) I_n : Courant de décharge nominal (seulement pour les essais des classes I et II)
- d) $I_{\max}$ pour les essais de classe II, I_{imp} pour les essais de classe I et U_{oc} pour les essais de classe III
- e) U_p niveau de protection en tension
- f) Tenue dans le temps (à l'étude)
- g) Modes de défaillance
- h) Tenue aux courts-circuits
- i) Courant de charge maximal permanent (pour les parafoudres à deux ports ou un port à bornes d'entrée et de sortie séparées)
- j) Chute de tension (pour les parafoudres à deux ports ou un port à bornes d'entrée et de sortie séparées).

La figure 6 montre la relation entre U_p , U_0 , U_c et U_{cs} .

5.4 Characteristics of SPDs

5.4.1 Service conditions described in IEC 61643-1

Normal service conditions:

- The frequency of the supply mains is between 48 Hz and 62 Hz a.c. or d.c.
- The altitude shall not exceed 2 000 m.
- Operating and storage temperature: normal range $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, extended range $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- The relative humidity in indoor temperature conditions shall be between 30 % and 90 %.

NOTE 1 The user determines the location where the SPD is to be applied (outdoor, indoor, etc.) and should decide whether the environmental temperature conditions are within the normal or the extended range.

NOTE 2 IEC 61643-1 also gives indications regarding maximum continuous operating voltage of the SPDs. See 6.2.1 of this standard.

Abnormal service conditions:

Exposure of the SPD to abnormal service conditions may require special consideration in the design or application of the SPD and should be called to the attention of the manufacturer.

Solar radiation: most SPDs are not exposed to solar radiation. In general, solar radiation is not considered during type testing. Where SPDs are exposed to solar radiation, this should be taken into account and tested accordingly.

NOTE 3 In general, the degree of protection of the SPD enclosure should be greater than IP2X. In some instances, other values could be used (for example, for outdoor SPDs).

5.4.2 List of parameters for SPD selection

The following is a non-exclusive list of parameters needed by the user(s) to properly select the SPD(s).

NOTE Some of these parameters are defined for each mode of protection.

- a) U_c and I_c : Maximum continuous operating voltage and continuous operating current
- b) U_T : (Temporary overvoltage) (under consideration).
- c) I_n : Nominal discharge current (only for class I and for class II tests)
- d) I_{max} for class II tests, I_{imp} for class I tests and U_{oc} for class III tests
- e) U_p voltage protection level
- f) Degradation (under consideration)
- g) Failure modes
- h) Short-circuit withstand
- i) Maximum continuous load current (for two-port SPDs or one-port SPDs with separate input and output terminals)
- j) Voltage drop (for two-port SPDs or one-port SPDs with separate input and output terminals)

Figure 6 shows the relationship between U_p , U_0 , U_c and U_{cs} .

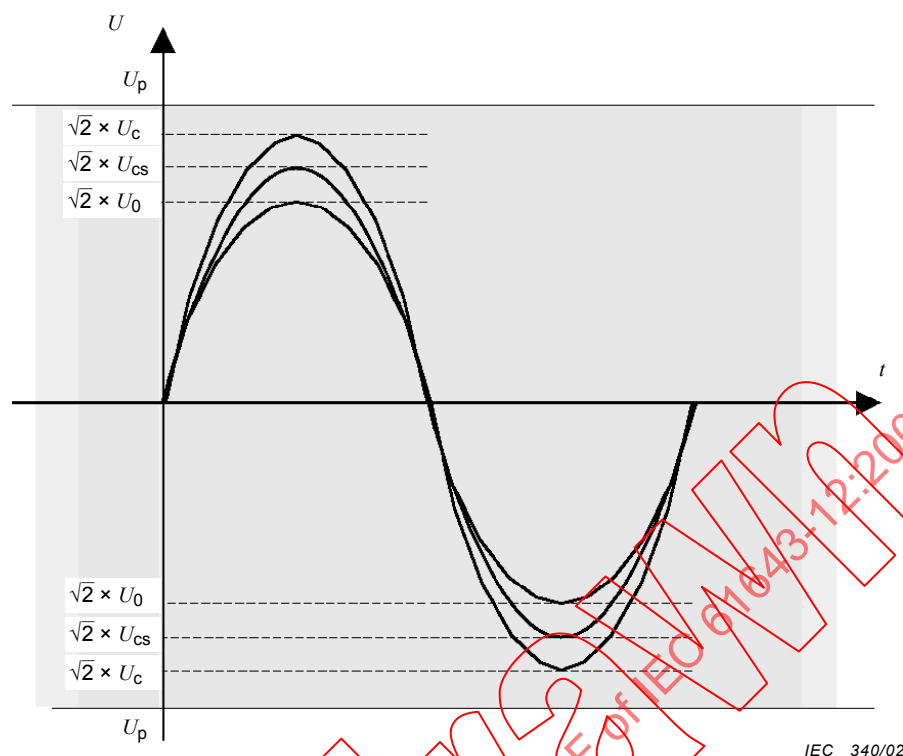


Figure 6 – Relation entre U_p , U_0 , U_c et U_{cs}

5.5 Informations supplémentaires sur les caractéristiques des parafoudres

5.5.1 Informations liées aux tensions du réseau

5.5.1.1 U_c et I_c : Tension et courant maximaux de service continu

U_c doit être choisi de façon à minimiser le changement des caractéristiques des parafoudres (vieillessement, emballement thermique, etc.) en conditions normales.

I_c est la valeur du courant traversant le parafoudre quand U_c est appliqué. Ce courant traversant la borne de terre (PE), est appelé le courant résiduel. Ce courant est utilisé dans le choix d'un parafoudre pour éviter un fonctionnement non nécessaire des dispositifs de surintensité ou de dispositifs de protection (par exemple DDR) (voir 5.3.1.212 de la CEI 60364-5-53).

L'annexe J fournit de plus amples informations sur l'effet du fonctionnement d'un dispositif de protection contre les surintensités ou autre en fonction selon la configuration du réseau.

5.5.1.2 U_T : Surtensions temporaires

U_T est utilisé pour définir les caractéristiques du parafoudre en conditions de surtension temporaire.

Elle est idéalement définie par une courbe. Dans la pratique, quelques paires de valeurs du réseau alternatif ou continu en fonction du temps (jusqu'à plusieurs secondes) sont suffisantes pour caractériser le parafoudre par rapport à U_T . Les durées types des TOV considérées par différentes normes sont de 200 ms et de 5 s.

Un exemple d'une telle courbe est montrée en figure J.1.

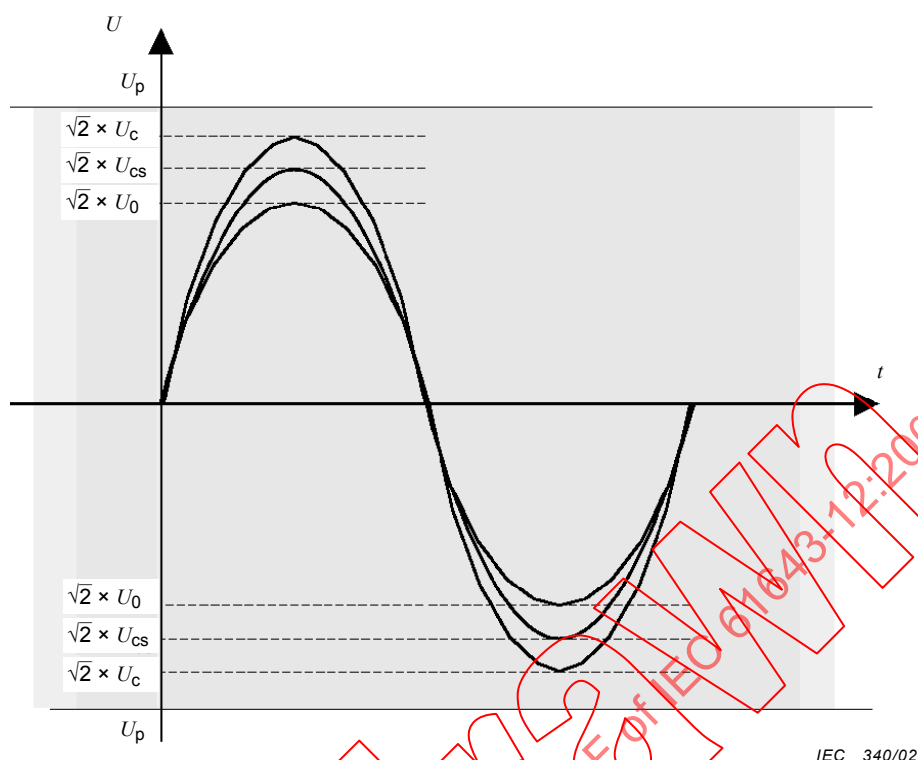


Figure 6 – Relationship between U_p , U_0 , U_c and U_{cs}

5.5 Additional information on characteristics of SPDs

5.5.1 Information related to power-frequency voltages

5.5.1.1 U_c and I_c : Maximum continuous operating voltage and continuous operating current

U_c shall be selected in order to minimize any changes in SPD characteristics (ageing, thermal runaway, etc.) under normal conditions.

I_c is the value of current through the SPD when U_c is applied. The current flowing through the earth (PE) terminal, if any, is called the residual current. This current is used in selecting an SPD to avoid unnecessary operation of overcurrent devices or other protective devices (for example RCDs) (see 5.3.1.212 of IEC 60364-5-53).

See annex J for further information on how the effect of the operation of an overcurrent or other protective device depends on the configuration of the system.

5.5.1.2 U_T : Temporary overvoltages

U_T is used to define the characteristics of the SPD under temporary overvoltage conditions.

It is defined ideally by a curve. In practice a few pairs of values of power frequency or d.c. overvoltage versus time (up to several seconds) are sufficient to characterize the SPD with respect to U_T . Typical durations for TOVs considered by different standards are 200 ms and 5 s.

An example of such a curve is shown in figure J.1.

La courbe U_T devra être donnée par le constructeur. La normalisation d'un essai pour obtenir la courbe U_T est à l'étude. En général, elle peut être déterminée par essai (en appliquant une tension U pendant un certain temps, après quoi aucun changement significatif ne doit avoir affecté les performances du parafoudre et aucun risque pour le personnel, le matériel ou l'installation ne doit être observé) ou elle peut être déterminée par calcul. Quand cette courbe n'est pas connue, l'utilisateur devra considérer $U_T = U_c$ (cela signifie qu'il faut utiliser une valeur de U_c plus grande que toutes les surtensions temporaires attendues pouvant se produire dans le réseau).

NOTE 1 Actuellement, la CEI 61643-1 ne traite que du mode de défaillance aux surtensions temporaires, par exemple quand le parafoudre ne peut pas supporter la valeur de la surtension temporaire pendant un temps suffisant.

NOTE 2 Le choix d'un parafoudre ayant à la fois une résistance élevée à une surtension temporaire élevée et un bas niveau de protection peut être difficile.

L'utilisateur peut choisir le parafoudre le plus approprié en comparant la tenue aux surtensions temporaires du parafoudre U_T que peut supporter le parafoudre et les surtensions temporaires se produisant réellement sur le réseau U_{TOV} en tenant compte de la caractéristique temps de U_T et U_{TOV} .

5.5.2 Informations liées aux courants de chocs, niveaux de protection de tension et autres caractéristiques

Les facteurs discutés ci-après concernent les caractéristiques de tension, de courant et de temps de l'onde de choc. Différents niveaux et formes d'ondes de choc sont utilisés pour l'essai en fonction des contraintes auxquelles le parafoudre est susceptible d'être exposé.

Un guide pour le choix des classes d'essais appropriées pour un parafoudre est donné dans l'introduction de la CEI 61643-1 qui stipule ce qui suit.

- L'essai de classe I est prévu pour simuler des courants de chocs de foudre partiellement conduits. Les parafoudres soumis aux méthodes d'essai de classe I sont généralement recommandés pour les emplacements dans des endroits d'exposition élevée, par exemple entrée de ligne dans des bâtiments protégés par des réseaux de protection contre la foudre.
- Les parafoudres essayés selon les méthodes d'essai de classe II et de classe III sont soumis à des chocs de durée plus faible. Ces parafoudres sont généralement recommandés pour des emplacements moins exposés aux chocs directs.

NOTE L'essai de classe II applique un courant requis aux parafoudres. L'essai de classe III applique une tension aux parafoudres et le courant résultant dépend des caractéristiques du parafoudre.

Lors du choix d'un parafoudre, il est nécessaire de prendre en compte à la fois la classe d'essai et l'amplitude du choc pour lequel il est prévu.

5.5.2.1 I_n : Courant nominal de décharge (8/20) (pour les parafoudres selon les essais de classe I et II)

C'est le courant utilisé comme un des paramètres d'essai pour déterminer la tension de limitation mesurée des parafoudres essayés selon les essais de classe I et de classe II. Ce courant est aussi utilisé lors du préconditionnement (appliqué 15 fois) pour les essais de fonctionnement en service pour la classe I et la classe II.

I_n est inférieur à I_{max} et correspond à un courant qui se produit relativement fréquemment dans l'installation.

Les valeurs préférentielles pour I_n sont: 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 10; 15 et 20 kA.

The U_T characteristic shall be given by the manufacturer. Standardization of a test to obtain the U_T curve is under consideration. In general, it can be determined by testing (by applying a voltage U for a certain duration after which either no significant change shall have occurred in the SPD's performance or no hazard to personnel, equipment or facility shall be observed) or it can be determined by calculation. When such a characteristic is not known, the user should consider that $U_T = U_c$ (this means that one should use a value of U_c that is greater than all temporary overvoltages expected to occur in the system).

NOTE 1 At the present time, IEC 61643-1 only deals with temporary overvoltage failure mode, i.e. when the SPD is not able to withstand the value of the temporary overvoltage for a sufficient time.

NOTE 2 Selecting an SPD with both a high temporary overvoltage withstand and a low-voltage protection level may be difficult.

The user can select the most suitable SPD by comparing the temporary overvoltage values of the SPD (U_T) and the temporary overvoltages really occurring in the field (U_{TOV}) taking into account the time characteristics of U_T and U_{TOV} .

5.5.2 Information related to surge currents, voltage protection levels and other characteristics

The factors discussed below relate to the voltage, current and time characteristics of the surge waveform. Different surge waveforms and levels are used for testing depending upon the stresses to which the SPD is expected to be exposed.

Guidance to the selection of the appropriate test class(es) for an SPD is given in the introduction to IEC 61643-1, which states the following.

- The class I test is intended to simulate partial conducted lightning current impulses. SPDs subjected to class I test methods are generally recommended for locations at points of high exposure, for example, line entrances to buildings protected by lightning protection systems.
- SPDs tested to class II or III test methods are subjected to impulses of shorter duration. These SPDs are generally recommended for locations with lesser exposure to direct impulses.

NOTE The class II test applies an impressed current to the SPD. The class III test applies a voltage to the SPD, and the resultant current depends on the characteristics of the SPD.

When selecting an SPD it is necessary to consider both the test class and the magnitude of the impulse for which it is rated.

5.5.2.1 I_n : Nominal discharge current (8/20) (for SPDs according to class I and II tests)

This is the current that is used as one test parameter for determining the measured limiting voltage for SPDs tested according to the class I and class II tests. This current is also used during preconditioning (applied 15 times) for the operating duty test for class I and class II.

I_n is lower than I_{max} and corresponds to a current that is expected to occur quite frequently in the installation.

The preferred values for I_n are: 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 10; 15 and 20 kA.

5.5.2.2 I_{imp} et I_{max} (pour les parafoudres selon les essais de classes I et II)

I_{imp} et I_{max} et leurs sous-multiples sont les paramètres d'essai des parafoudres utilisés respectivement dans les essais de fonctionnement pour les essais de classes I et II. Leur utilisation est liée aux valeurs maximales des courants de décharge qui peuvent se produire très rarement à l'emplacement du parafoudre dans le réseau. I_{max} est associé aux essais de classe II et I_{imp} est associé aux essais de classe I.

Les valeurs préférentielles pour I_{imp} ($I_{\text{crête}}$, Q), selon la CEI 61643-1, sont données au tableau 2.

Tableau 2 – Valeur préférentielle de I_{imp}

$I_{\text{crête}}$ (kA)	1	2	5	10	20
Q (AS)	0,5	1	2,5	5	10

NOTE En général I_{imp} est associée à une onde plus grande que I_n . D'une façon générale $I_n < I_{\text{crête}}$.

5.5.2.3 Niveau de protection en tension fourni par les parafoudres

5.5.2.3.1 Mesure de la tension de limitation

a) Essais de classe I et II

La détermination de la mesure de la tension de limitation est faite par deux essais:

- mesure de la tension résiduelle à des valeurs diverses de courant utilisant une onde 8/20;
- mesure de la tension d'amorçage utilisant une onde de 1,2/50.

La mesure de la tension de limitation est la valeur de tension la plus élevée de

- soit la tension résiduelle, pour la série de courant

Classe I: de $0,1 \times I_n$ jusqu'à $I_{\text{crête}}$ ou I_n quel que soit le plus grand;

Classe II: de $0,1 \times I_n$ jusqu'à $1,0 \times I_n$;

- soit la tension d'amorçage.

- Parafoudres avec des composants de tension de limitation

La figure 7 montre une courbe typique U_{res} en fonction de I pour une varistance ZnO. Ceci montre que la tension résiduelle du parafoudre à I_{max} doit aussi être considérée. Si cette tension est plus élevée que le niveau de protection en tension et si elle est particulièrement plus élevée que la tenue aux chocs de matériel à protéger, il y a alors un risque que le parafoudre tienne mais le matériel ne sera pas protégé. Le niveau de protection en tension et la tenue au courant de choc du parafoudre doivent, de ce fait, être choisis en conséquence.

5.5.2.2 I_{imp} and I_{max} (for SPDs according to class I and II tests)

I_{imp} and I_{max} and their submultiples are test parameters used in the operating duty test for class I and class II tests respectively. They are related to the maximum values of discharge currents, which are expected to occur only very rarely at the location of the SPD in the system. I_{max} is associated with class II tests and I_{imp} is associated with class I tests.

The preferred values for I_{imp} (I_{peak} , Q), according to IEC 61643-1, are given in table 2.

Table 2 – Preferred values of I_{imp}

I_{peak} (kA)	1	2	5	10	20
Q (AS)	0,5	1	2,5	5	10

NOTE In general I_{imp} is associated with longer waveshapes than I_{n} . In general $I_{\text{n}} < I_{\text{peak}}$.

5.5.2.3 Voltage protection level provided by SPDs

5.5.2.3.1 Measured limiting voltage

a) Class I and class II tests

The determination of the measured limiting voltage is made by performing two tests:

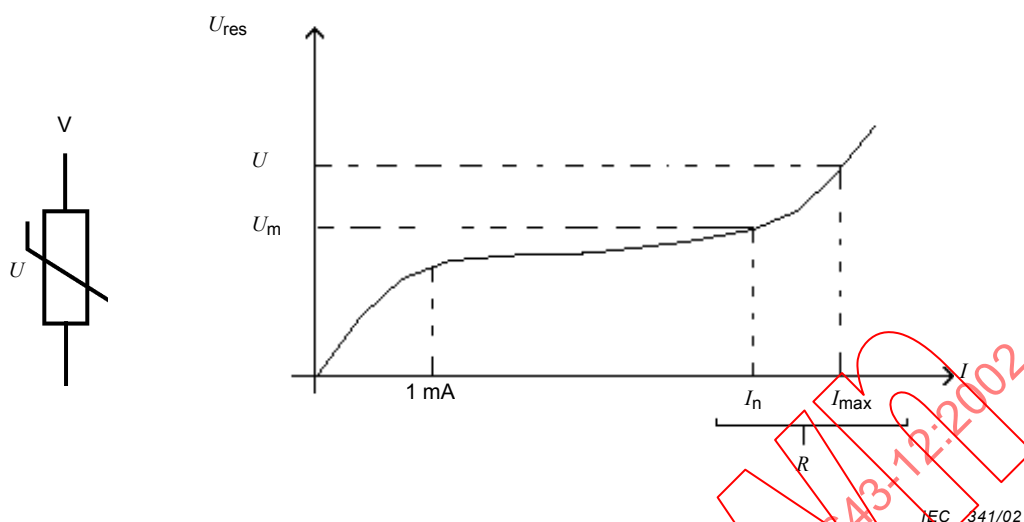
- measurement of the residual voltage at various values of current using 8/20 wave;
- measurement of the sparkover voltage using a 1,2/50 wave.

The measured limiting voltage is the highest voltage value of

- either the residual voltage, for the range of current from $0,1 \times I_{\text{n}}$ up to I_{peak} or I_{n} whichever is the greater for class I test; from $0,1 \times I_{\text{n}}$ up to $1,0 \times I_{\text{n}}$ for class II test;
- or the sparkover voltage.

- SPDs with voltage-limiting components

Figure 7 shows a typical curve U_{res} versus I for a ZnO varistor. This shows that the residual voltage of the SPD at I_{max} shall also be considered. If this voltage is higher than the voltage protection level and especially if it is higher than the impulse withstand voltage of the equipment to be protected, then there is a risk that the SPD will survive such a stress but the equipment will not be protected. Voltage protection level and surge current withstand of the SPD shall, therefore, be selected accordingly.



Légende

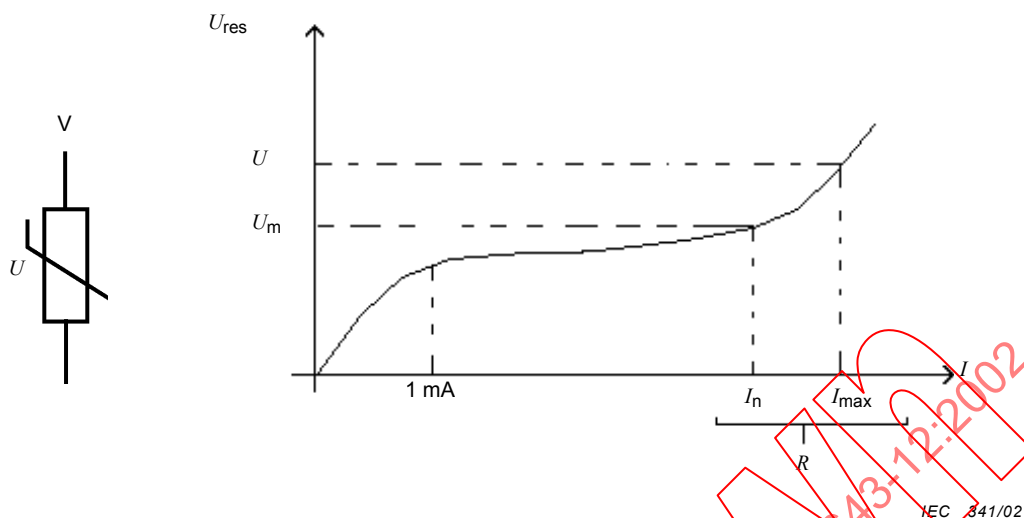
- U_m Tension de limitation mesurée = U_{res} à I_n pour le parafoudre essayé selon les essais de classe II.
 $U > U_m$ si $I = I_{max} > I_n$
- V Varistance ZnO
- R Gamme de plusieurs kA

Figure 7 – Courbe typique de U_{res} en fonction de I pour une varistance ZnO

- Parafoudres avec des composants de coupure

La tension d'amorçage d'un éclateur (tube à décharge de gaz, etc.) dépend de la montée (dU/dt) de la surtension transitoire appliquée.

Généralement, une augmentation de la montée de la tension d'amorçage (dU/dt) augmente la surtension transitoire. Comme la tension d'amorçage est un processus statistique à un dU/dt défini, il y aura une dispersion dans les valeurs mesurées (voir figure 8).

**Key**

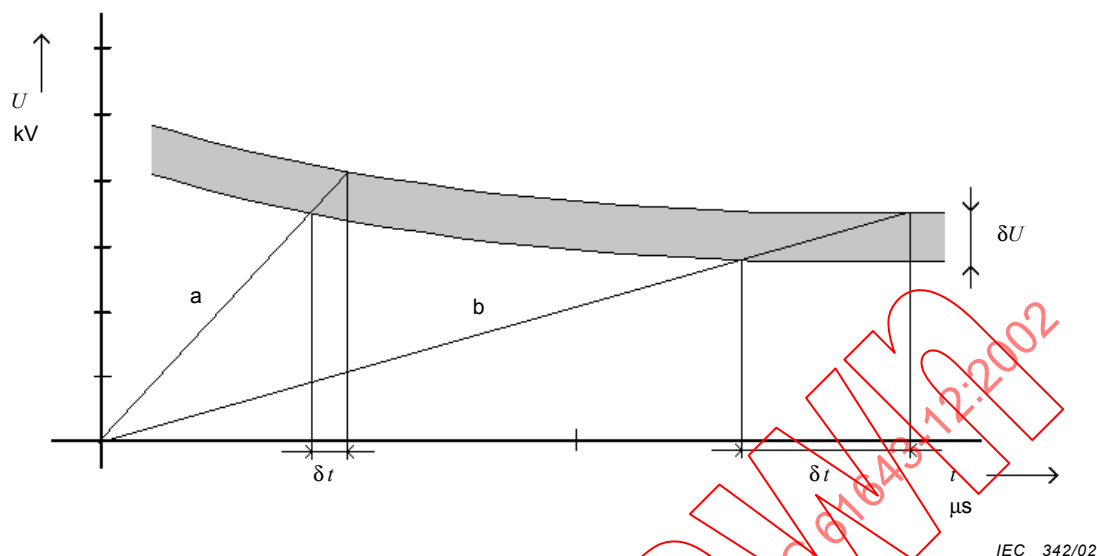
- U_m Measured limiting voltage = U_{res} at I_n for SPD tested according to class II tests. $U > U_m$ as $I = I_{max} > I_n$
- V ZnO varistor
- R Range of several kA

Figure 7 – Typical curve of U_{res} versus I for ZnO varistors

- SPDs with voltage-switching components

The impulse sparkover voltage of a spark gap device (gas discharge tube etc.) is dependent upon the rate of rise (dU/dt) of the applied transient overvoltage.

Generally, an increase in the voltage rate of rise (dU/dt) of the transient leads to an increase of the impulse sparkover voltage. As impulse sparkover voltage is a statistical value at a defined dU/dt , there will be a spread in the measured values (see figure 8).



Légende

- a Taux supérieur de montée – 10 kV/μs
- b Taux inférieur de montée – 1 kV/μs
- δt Dispersion dans le temps de l'éclateur
- δU Dispersion en tension de l'éclateur

Figure 8 – Courbe typique d'un éclateur à air

b) Essais de classe III

Pour les parafoudres essayés selon la classe III, la mesure est faite en utilisant un générateur combiné. La valeur maximale enregistrée pendant l'essai est alors utilisée comme mesure de la tension de limitation.

5.5.2.3.2 Niveau de protection U_p

U_p est déclaré par le fabricant. Par définition, il est supérieur ou égal à la plus haute valeur de la tension de limitation. Le choix de cette valeur par le constructeur devra tenir compte des tolérances de fabrication.

Les niveaux de protection préférentiels sont: 0,08; 0,09; 0,10; 0,12; 0,15; 0,22; 0,33; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10 kV.

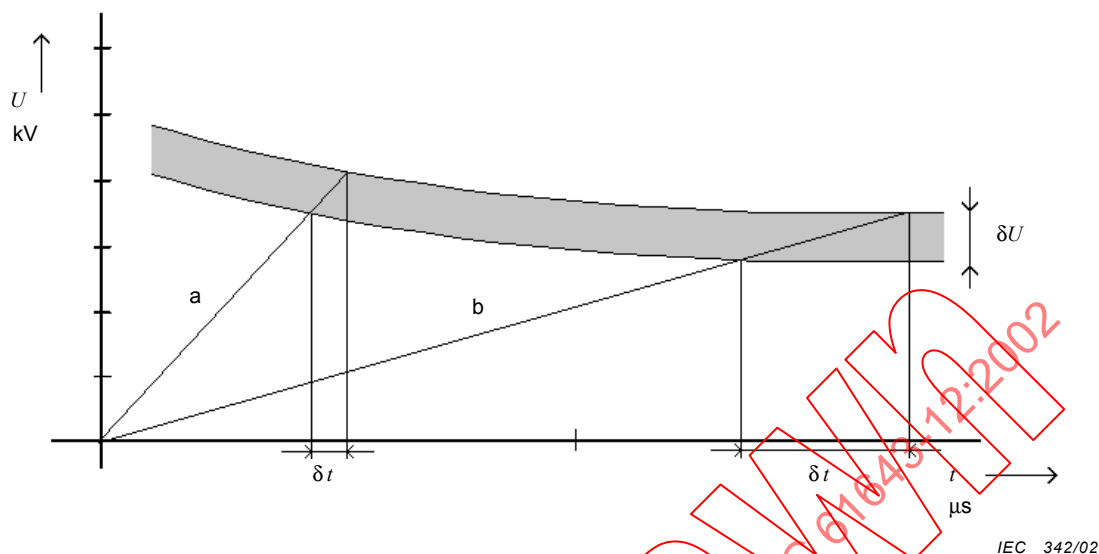
L'annexe B donne une relation typique entre la tension nominale du réseau et le niveau de protection du parafoudre pour une varistance ZnO.

5.5.2.4 Modes de défaillance

Ces modes sont utilisés pour définir la compatibilité du parafoudre avec les autres matériels avec ces applications et avec des dispositifs utilisés en liaison avec le parafoudre.

Le mode de défaillance du parafoudre dépend de l'amplitude du nombre et de la forme d'onde du courant et de la tension de choc, de la capacité de court-circuit du réseau et de la valeur de la tension appliquée au parafoudre à l'instant du défaut. La CEI 61643-12 considère qu'il y a deux types de modes de défaillance pour un parafoudre:

- en court-circuit;
- en circuit ouvert.

**Key**

- a Higher rate of rise – 10 kV/μs
- b Lower rate of rise – 1 kV/μs
- δt Spread in time of sparkover
- δU Spread in voltage of sparkover

Figure 8 – Typical curve for a spark gap**b) Class III tests**

For SPDs tested according to class III, a combination wave generator is used. The maximum value measured during the test is then used as the measured limiting voltage.

5.5.2.3.2 Voltage protection level U_p

U_p is declared by the manufacturer. By definition it is equal to or greater than, the highest value of the measured limiting voltage. Selection of this value by the manufacturer should allow for manufacturing tolerances.

The preferred voltage protection levels are: 0,08; 0,09; 0,10; 0,12; 0,15; 0,22; 0,33; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10 kV.

Annex B gives a typical relationship between the nominal voltage of the system and the voltage protection level of the SPD for a ZnO varistor.

5.5.2.4 SPD failure modes

These modes are used to define the compatibility of the SPD with other equipment, with its application and with the devices used in conjunction with the SPD.

Failure mode of the SPD is dependent on the magnitude, number and waveshape of the surge current and voltage, short-circuit capacity of the power system and value of the voltage applied to the SPD at the time of the failure. IEC 61643-12 considers that there are two failure modes of an SPD:

- short-circuit;
- open-circuit.

Quelquefois, les parafoudres peuvent avoir un état indéterminé pendant une certaine période. Cet état entraîne une absorption d'énergie et le conduit par la suite (lui-même ou associé au déconnecteur ou la protection contre les surintensités principale) en condition de circuit ouvert ou de court-circuit. Dans le cadre de la présente norme, on considère que cet état est temporaire et en tant que tel il n'est pas décrit.

Voir annexe J pour plus d'informations sur la manière dont l'effet du fonctionnement d'un dispositif de protection contre les surintensités dépend de la configuration du réseau.

Des changements de caractéristiques du parafoudre ne sont pas considérés en tant que mode de défaillance, mais sont décrits en 5.5.2.8.

5.5.2.5 Tenue au court-circuit

Le parafoudre seul ou associé à son déconnecteur ou à une protection principale est capable de résister au courant du court-circuit déclaré par le constructeur et vérifié par des essais sans créer de dommages pour l'environnement (en particulier pour les dispositifs à proximité). Il est nécessaire de s'assurer que le parafoudre ne sera pas utilisé à un emplacement où le courant de court-circuit est supérieur au courant du court-circuit attendu. Il est également nécessaire de s'assurer que le déconnecteur approprié ou la protection d'accompagnement tel qu'ils sont proposés par le constructeur sont présents et fonctionnent.

5.5.2.6 Courant assigné I_L de régime permanent (pour les parafoudres deux ports et un port avec bornes d'entrée et de sortie séparées)

Il est nécessaire de vérifier que la charge connectée en aval d'un parafoudre à deux ports ou à un port connecté en série avec l'alimentation soit compatible avec le courant maximal de régime permanent.

NOTE Il est aussi nécessaire de considérer le type de charge. Par exemple, certaines charges peuvent avoir des facteurs de crête pouvant atteindre trois fois la valeur efficace. Ces courants de pointe peuvent produire un échauffement supplémentaire à l'intérieur des éléments de séries des parafoudres à deux ports.

5.5.2.7 Creux de tension (pour les parafoudres deux ports et un port avec bornes d'entrée et de sortie séparées)

Il est nécessaire de vérifier que l'addition d'un parafoudre deux ports, ou un port avec bornes d'entrée et de sortie séparées, dans l'installation n'entraîne pas une chute de tension qui soit en dehors des limites de tension acceptables du dispositif disposé en aval.

5.5.2.8 Variation des caractéristiques des parafoudres

Certaines topologies de parafoudres peuvent entrer dans un état intermédiaire, lorsque ces parafoudres sont soumis à des contraintes plus élevées que celles définies dans les essais normalisés. Dans ce cas, quelques-unes de leurs caractéristiques peuvent avoir changé par rapport aux valeurs définies, par exemple U_p , I_n , I_c , etc. En particulier, cela peut exister pour des parafoudres présentant des parties actives en parallèle si une de ces parties actives peut être déconnectée après un choc. Dans ces conditions, l'utilisateur peut ne pas connaître ces variations de caractéristiques. Tout état intermédiaire devra être évité lors de la conception du parafoudre, sauf s'il existe des indications claires de cet état quand cela se produit.

Sometimes SPDs may enter an indeterminate state for some period of time. This state involves energy absorption and eventually leads (itself or in conjunction with the disconnector or the back-up overcurrent protection) to an open-circuit or short-circuit condition. For the purpose of this standard, it is assumed that this state is temporary and, as such, is not addressed.

See annex J for further information on how the effect of the operation of an overcurrent or other protective device depends on the configuration of the system.

Changes in the characteristics of the SPD are not considered as a failure mode, but are addressed in 5.5.2.8.

5.5.2.5 Short-circuit withstand

The SPD alone or in conjunction with its disconnector or with back-up overcurrent protection is able to withstand the short-circuit withstand current declared by the manufacturer and checked by tests without creating damage to the environment (in particular, devices located close to it). It is necessary to be sure that the SPD will not be used at a place where the short-circuit current available is higher than this short-circuit withstand current. It is also necessary to be sure that the adequate disconnector or back-up protection as suggested by the manufacturer is present and working.

5.5.2.6 Rated load current I_L (for two-port SPDs or one-port SPDs with separate input and output terminals)

It is necessary to check that the load connected downstream of a two-port SPD or a one-port SPD connected in line with the supply is compatible with the rated load current.

NOTE It is also necessary to consider the type of load. For example some loads may have in-rush currents which can be as high as three times the r.m.s. value. These peak currents can produce additional heating within series elements of two-port SPDs.

5.5.2.7 Voltage drop (for two-port SPDs or one-port SPDs with separate input and output terminals)

It is necessary to check that the installation of a two-port SPD, or one-port SPD with separate input and output terminals, does not result in a voltage drop at the equipment located downstream, that is outside its acceptable limits.

5.5.2.8 Change of characteristics of SPDs

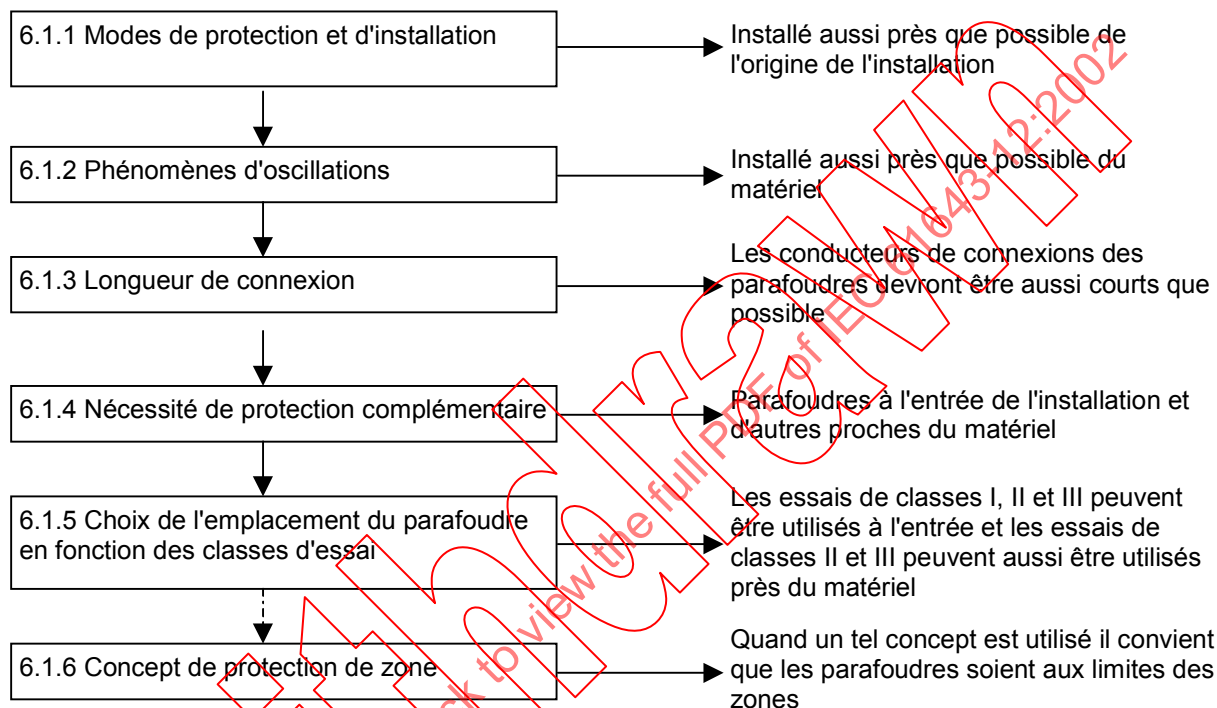
The topology of certain SPDs may enter an intermediate state when subjected to higher stress than that defined in the standard tests. In this case some of their characteristics may change from the designed values, for example: U_p , I_n , I_c , etc. In particular, this may occur for SPDs having active parts in parallel where one of these active parts may be disconnected after a surge. In these instances the user may not be aware of these changes in characteristics. Any such intermediate state should be avoided in the design of an SPD, unless there is a clear indication of the state when it occurs.

6 Mise en œuvre des parafoudres dans les réseaux de distribution

6.1 Emplacement et protection assurée par les parafoudres

Quand une analyse de risque est effectuée (voir article 7), les contraintes dans le réseau (voir article 4) et les caractéristiques du parafoudre (voir article 5) identifiées peuvent être spécifiées.

En installant un parafoudre dans un réseau de distribution, les points de la figure 9 peuvent être précisés.



IEC 343/02

6.1.1 Modes possibles de protection et d'installation

Lorsque le dispositif à protéger a une tenue suffisante aux surtensions ou est situé à proximité de l'entrée du tableau de distribution, un seul parafoudre peut être suffisant. Dans ce cas, il convient que le parafoudre soit installé le plus près possible de l'origine de l'installation et avoir une bonne capacité de tenue au choc à cet endroit. Les figures K.1 à K.5 montrent des connexions typiques des parafoudres situés à l'entrée de l'installation dans différents types de réseaux. La figure K.5 représente le cas particulier du schéma TN C-S.

Le tableau 3 indique les modes de protection possibles pouvant être exigés pour différents réseaux basse tension.

NOTE 1 Si plusieurs parafoudres sont connectés sur le même conducteur, une coordination entre eux est nécessaire.

NOTE 2 Le nombre de modes de protection dépend du type de matériel à protéger (par exemple, si la terre n'est pas connectée au matériel, la protection phase ou neutre mis à la terre peut ne pas être nécessaire), la tenue du matériel selon les différents modes de protection, la structure du réseau électrique et de mise à la terre et les caractéristiques de la surtension à l'arrivée. Par exemple, la protection entre phase-neutre et le conducteur PE ou entre phase et neutre sont généralement suffisants, la protection entre les conducteurs de phase n'est généralement pas utilisée.

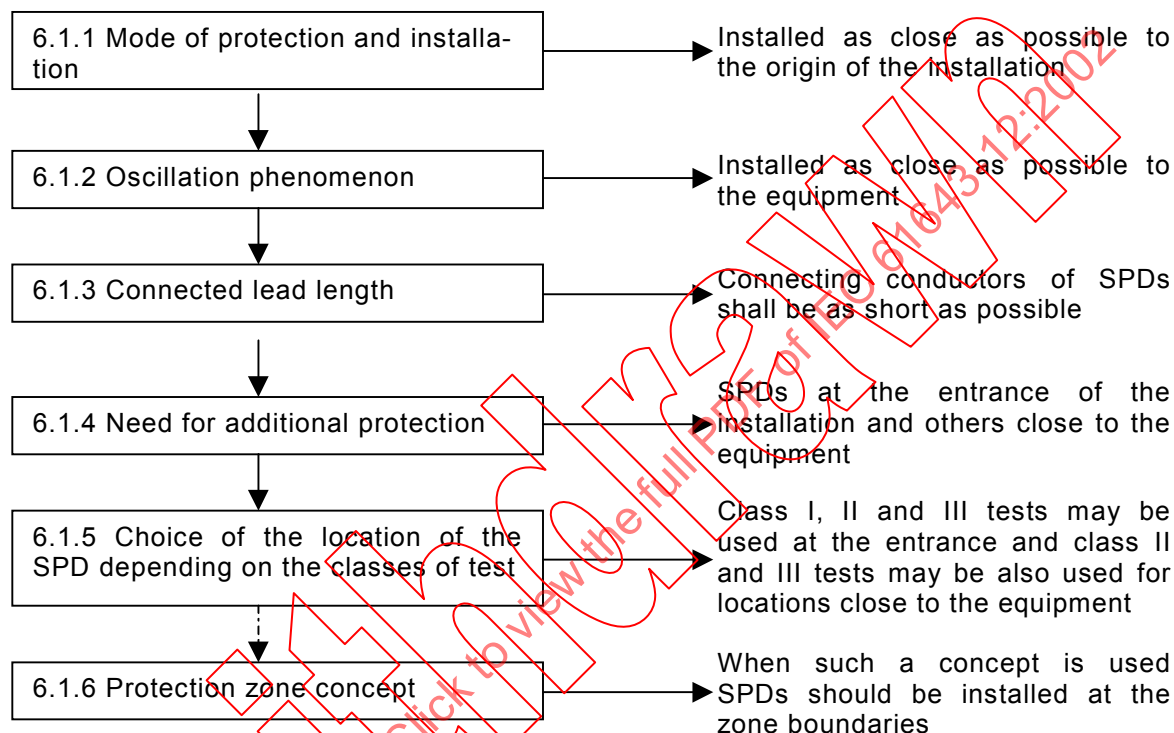
NOTE 3 L'installation des parafoudres avant le compteur électrique du distributeur nécessite l'accord du distributeur d'énergie.

6 Application of SPDs in low-voltage power distribution systems

6.1 Installation and its effect on the protection given by SPDs

When a risk analysis is performed (see clause 7), the stresses in the system (clause 4) and the characteristics of the SPD (clause 5) being identified can be specified.

In applying an SPD in a power-distribution system the flow chart shown in figure 9 may be used.



IEC 343/02

Figure 9 – Flowchart for SPD application

6.1.1 Possible modes of protection and installation

When the equipment to be protected has a sufficient overvoltage withstand or is located close to the main distribution board, one SPD may be sufficient. In this case, the SPD should be installed as close as possible to the origin of the installation. The SPDs should have sufficient surge withstand capability for this location. Figures K.1 to K.5 show typical connections of SPDs located at the origin of the installation for different types of systems. Figure K.5 represents the particular case of a TN C-S system.

Table 3 indicates the possible modes of protection that may be required for various LV systems.

NOTE 1 If more than one SPD is connected on the same conductor, it is necessary to ensure co-ordination between them.

NOTE 2 The number of modes of protection depends on the type of equipment to be protected (for example, if the equipment is not connected to earth, line- or neutral-to-earth protection may not be necessary), the withstand of the equipment according to each mode of protection, the electrical system structure and earthing and the characteristics of the incoming surge. For example, protection between phase/neutral and PE conductor or between phase and neutral are generally sufficient, and protection between phase and phase is not generally used.

NOTE 3 Installation of SPDs before the electricity supplier's meter should be carried out with the agreement of the electricity supplier.

Tableau 3 – Modes possibles de protection pour différents réseaux BT

Parafoudre entre	TT	TN-C	TN-S	IT
Phase et neutre	X		X	X ^a
Phase et PE	X		X	X
Phase et PEN		X		
Neutre et PEN	X		X	X ^a
Phase et phase	X	X	X	X

^a Quand le neutre est distribué.

Il est recommandé que les réseaux de télécommunication et de puissance entrent dans la structure à protéger, à proximité des autres réseaux et soient reliés ensemble à une même barre de terre. Ceci est particulièrement important pour des structures faites de matériaux non conducteurs (bois, briques, béton, etc.).

Voir annexe K pour plus d'information.

6.1.2 Influence du phénomène oscillatoire sur la distance de protection

Quand un parafoudre est utilisé pour protéger un matériel spécifique ou quand le parafoudre situé à l'entrée du tableau électrique principal ne peut pas assurer une protection suffisante pour certains matériels, il convient que les parafoudres soient installés aussi proches que possible du matériel à protéger. Si la distance entre le parafoudre et le matériel à protéger est trop grande, des oscillations pourraient conduire à une tension aux bornes du matériel généralement deux fois plus élevée que U_p mais qui, dans certaines circonstances, peut être supérieure ou peut dépasser ce niveau. Ceci pourrait causer une défaillance du matériel à protéger malgré la présence du parafoudre (voir figures K.8 à K.10). Une distance acceptable (appelée distance de protection) dépend du type de parafoudres, du type de réseaux, de la pente et de la forme d'onde de la surtension d'entrée et des charges raccordées. En particulier, ce doublement de la tension est possible seulement si le matériel correspond à une impédance de charge élevée ou si le matériel est déconnecté intérieurement. La figure K.10 montre un exemple de doublement de tension dans de telles conditions qui explique le phénomène.

En général, les oscillations peuvent être négligées pour les distances inférieures à 10 m. Les figures K.9 et K.10 montrent un cas où, même avec 10 m, un doublement est possible mais seulement parce que la charge est une capacité pure. Quelquefois, le matériel a des éléments internes de protection (par exemple les varistances) qui peuvent réduire de façon significative les oscillations même à des distances supérieures. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de prendre des précautions pour éviter des problèmes de coordination entre le parafoudre et le composant de protection à l'intérieur du matériel.

Voir annexe K pour plus d'information.

6.1.3 Influence de la longueur des câbles de connexion

De façon à obtenir une protection optimale contre les surtensions, les conducteurs de raccordement des parafoudres doivent être aussi courts que possible. De grandes longueurs de câbles pourront contribuer à la dégradation de la protection donnée par le parafoudre. De ce fait il peut être nécessaire de choisir un parafoudre avec un niveau de protection plus faible de façon à permettre une protection efficace. La tension résiduelle transférée au matériel sera la somme de la tension due au parafoudre et de celle due à la tension induite des câbles raccordés. Les deux tensions peuvent ne pas être maximales exactement au même moment, mais pour des raisons plus pratiques, peuvent être additionnées. La figure 10 montre l'effet de l'inductance des câbles de raccordement sur la tension mesurée entre le point de connexion du parafoudre pendant le courant d'impulsion de décharge.

Table 3 – Possible modes of protection for various LV systems

SPD between	TT	TN-C	TN-S	IT
Line and neutral	X		X	X ^a
Line and PE	X		X	X
Line and PEN		X		
Neutral and PE	X		X	X ^a
Line to line	X	X	X	X
^a When the neutral is distributed.				

It is recommended that the power and signalling networks enter the structure to be protected close to each other and are bonded together at a common bonding bar. This is especially important for structures made of non-shielding material (wood, bricks, concrete, etc.).

For further information, see annex K.

6.1.2 Influence of the oscillation phenomena on the protective distance

When an SPD is used to protect specific equipment or when the SPD located at the main distribution board cannot provide enough protection for some equipment, SPDs should be installed as close as possible to the equipment to be protected. If the distance between the SPD and the equipment to be protected is too large, oscillations could lead to a voltage at the equipment terminals which is generally up to two times higher than U_p but, under some circumstances, can even exceed this level. This can cause a failure of the equipment to be protected, in spite of the presence of the SPD (see figures K.8 to K.10). Acceptable distance (called protective distance) depends on SPD type, type of system, steepness and waveform of the incoming surge and connected loads. In particular, this doubling is only possible if the equipment corresponds to a high impedance load or if the equipment is internally disconnected. Figure K.10 shows an example of a doubling of voltage in such conditions to illustrate the phenomenon.

In general, oscillations may be disregarded for distances less than 10 m. Figures K.9 and K.10 show a case where even with 10 m a doubling is possible, but this is only because the load is a pure capacitance. Sometimes the equipment has internal protective components (for example, varistors), that will significantly reduce oscillations even at longer distances. Care is necessary in this last case to avoid co-ordination problems between the SPD and the protective component inside the equipment.

For further information, see annex K.

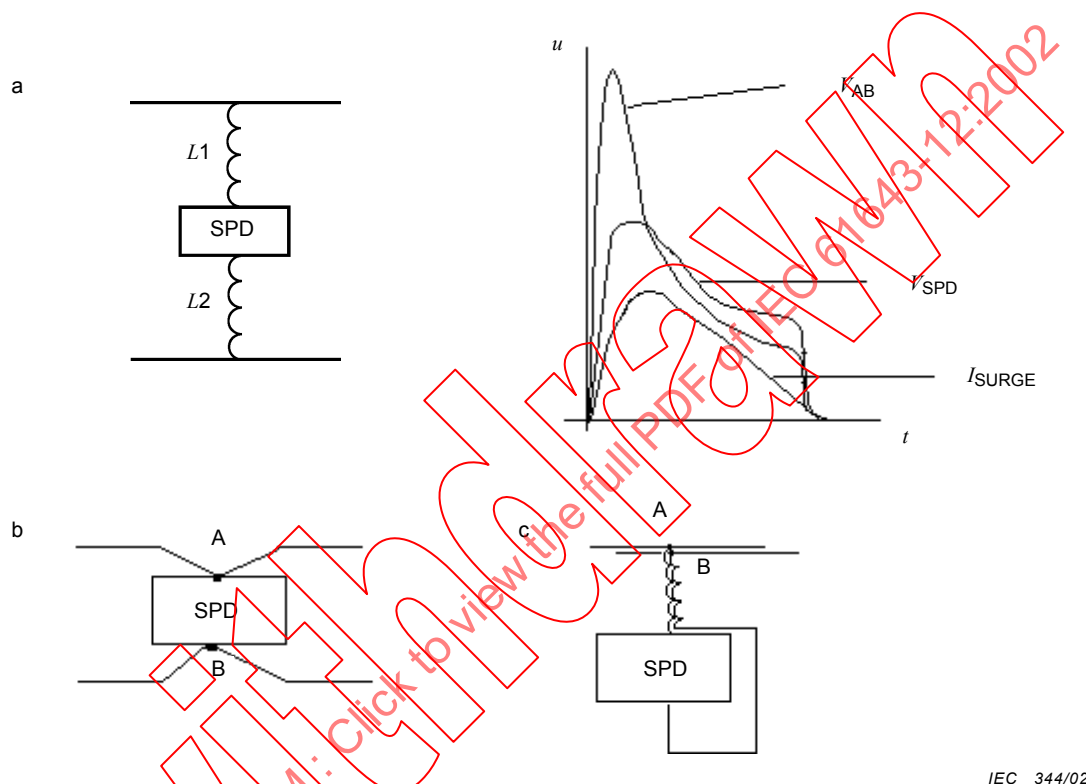
6.1.3 Influence of the connecting lead length

In order to achieve optimum overvoltage protection, connecting conductors of SPDs shall be as short as possible. Long lead lengths will degrade the protection offered by the SPD. Therefore, it may be necessary to select an SPD with a lower voltage protection level, in order to provide efficient protection. The residual voltage transferred to equipment will be the sum of the residual of the SPD and the inductive voltage drop along the connecting leads. The two voltages may not peak exactly at the same instant, but for most practical purposes, may simply be added. Figure 10 shows the effect of the inductance of connecting leads on the voltage measured between connection points of the SPD during the impulse discharge current.

En règle générale, l'inductance des câbles est supposée être à $1 \mu\text{H/m}$. Ainsi, la chute de tension inductive provoquée par une impulsion à un niveau de croissance de $1 \text{ kA}/\mu\text{s}$ sera approximativement de 1 kV/m de la longueur de câble. De plus, si le gradient de dI/dt est supérieur, cette valeur augmentera.

Autant que possible, il est préférable d'utiliser le schéma b de la figure 10 où l'effet de cette inductance est considérablement réduit. Le schéma c peut être utilisé lorsqu'il est impossible d'utiliser le schéma b. Autant que possible, il convient d'éviter le schéma a.

NOTE Si le chemin de retour de courant est magnétiquement couplé aux conducteurs d'alimentation en plaçant les conducteurs proches les uns des autres, l'inductance sera réduite (voir figure 10c).



Légende

- a $L1, L2$ Inductances correspondant aux distances $l1$ et $l2$
- I_{SURGE} Courbe du courant de choc en fonction du temps
- V_{SPD} Tension aux bornes du parafoudre lors du choc
- V_{AB} Tension entre les bornes A et B lors du choc = V_{SPD} + chute de tension due à l'inductance $L1 + L2$
- CE SCHÉMA EST À ÉVITER SI POSSIBLE, SPÉCIALEMENT SI $L1$ OU $L2$ EST IMPORTANT.
- b CE SCHÉMA EST PRÉFÉRABLE
- c CE SCHÉMA EST ACCEPTABLE QUAND LE SCHÉMA b N'EST PAS POSSIBLE

Figure 10 – Influence des longueurs des câbles de connexion des parafoudres

Voir l'annexe K pour de plus amples informations.

6.1.4 Nécessité d'une protection complémentaire

Dans certaines conditions, un parafoudre est suffisant, par exemple si les contraintes à l'entrée de la structure sont faibles. Il est alors préférable d'installer le parafoudre à proximité de l'entrée (voir 6.1.1).

As a general rule, the lead inductance is assumed to be $1 \mu\text{H/m}$. This inductive voltage drop, when caused by an impulse with a rate of rise of $1 \text{ kA}/\mu\text{s}$ will be approximately 1 kV/m of lead length. Furthermore, if the steepness of dI/dt is greater, this value will be increased.

As far as possible, it is better to use the scheme b shown in figure 10 where the effect of this inductance is considerably reduced. Scheme c can be used when it is not possible to use scheme b. As far as possible scheme a should be avoided.

NOTE If the return current path is magnetically coupled to the incoming current conductors by placing the conductors in close proximity the inductance will be reduced (see figure 10c).

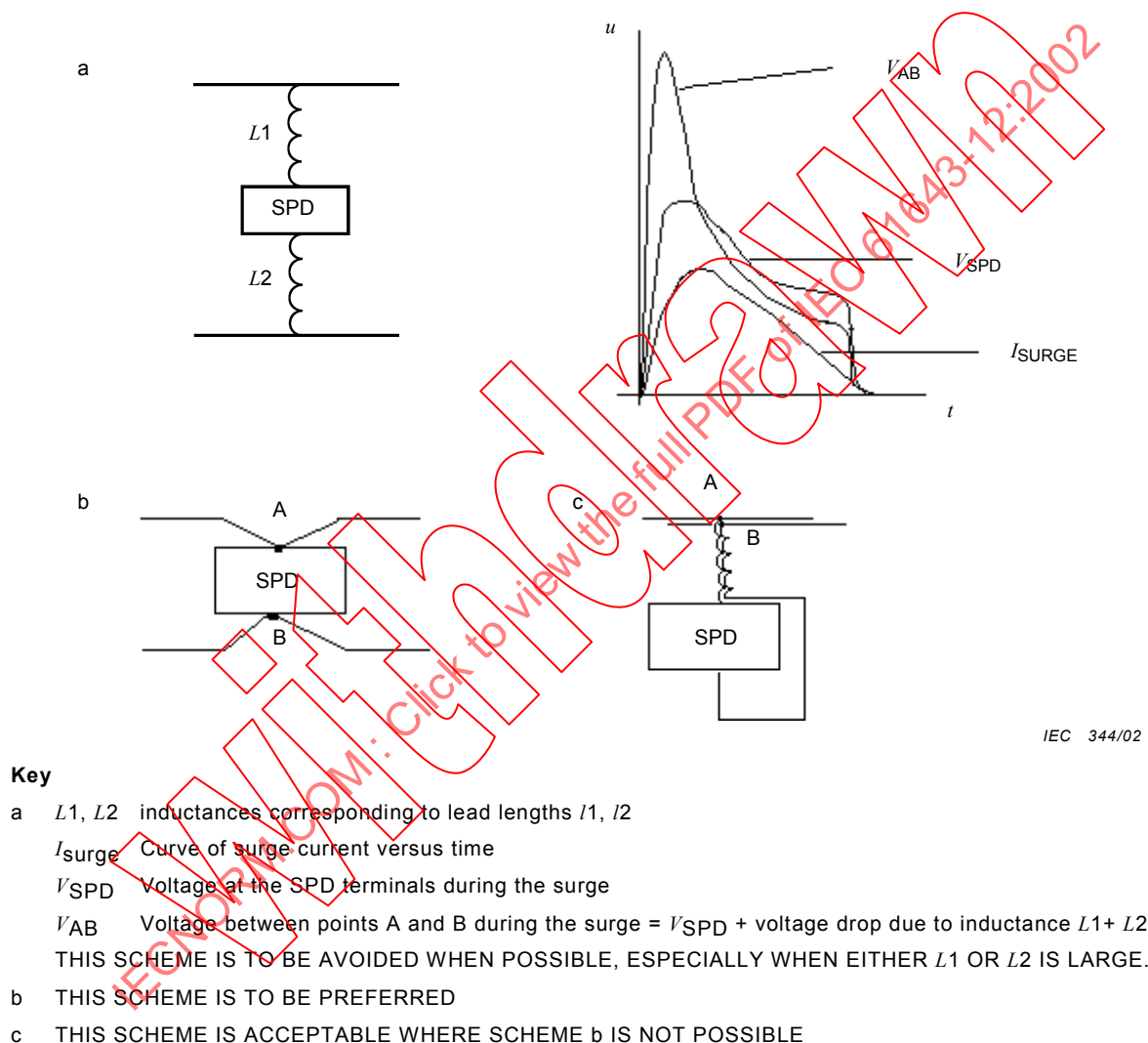


Figure 10 – Influence of SPD connecting lead lengths

For further information, see annex K.

6.1.4 Need for additional protection

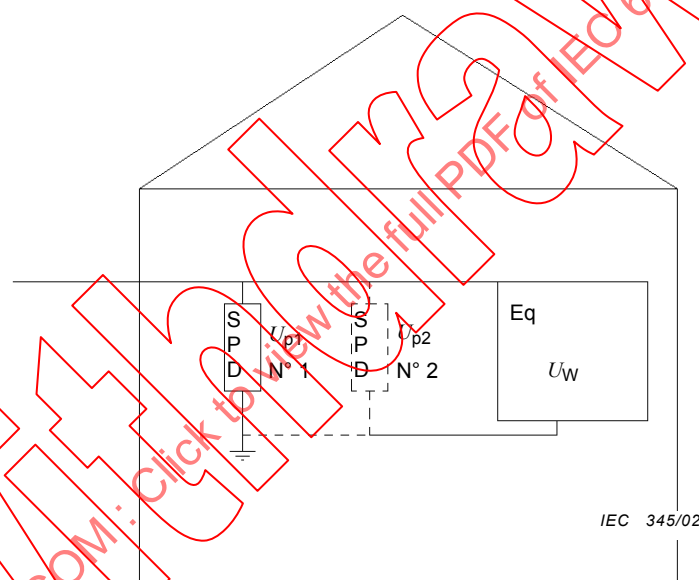
In some conditions one SPD is sufficient, for example, if the stresses at the entrance to the structure are low. It is then better to install the SPD close to the mains entrance (see 6.1.1).

Une protection complémentaire à proximité du matériel à protéger peut être nécessaire, dans des cas particuliers, par exemple

- en présence de matériels très sensibles (électronique, ordinateurs);
- si la longueur entre le parafoudre situé à l'entrée et le matériel à protéger est trop grande (voir 6.1.2);
- dans le cas de champs électromagnétiques créés à l'intérieur de la structure par des décharges de foudre et des sources internes d'interférence.

Il est nécessaire de considérer la résistance en tension (U_W , voir CEI 60664-1) du matériel le plus sensible à protéger du réseau. Le parafoudre situé au plus près de ce matériel doit être choisi avec un niveau de protection en tension de U_{p2} d'au moins 20 % inférieur à la résistance en tension de ce matériel. Si le niveau de protection (U_{p1}) du parafoudre à l'entrée de l'installation combiné avec l'effet décrit en 6.1.2, dû à la distance entre ce parafoudre et le matériel, entraîne une tension aux bornes du matériel inférieure à $0,8 \times U_W$, aux bornes du matériel, aucun parafoudre placé à côté du matériel n'est nécessaire (voir figure 11).

Voir K.1.2 et figure K.9 pour plus d'information.



Légende

Si $U_{p1} \times k < 0,8 \times U_W$, seul le parafoudre n° 1 (situé à l'entrée de l'installation) est nécessaire.

Si $U_{p1} \times k > 0,8 \times U_W$, il convient d'installer le parafoudre n° 2 (avec $U_{p2} < 0,8 \times U_W$ en plus du parafoudre n° 1.

Eq est le matériel à protéger ayant une tenue à la tension U_W comme défini par la CEI 60664-1.

k est un coefficient ($1 < k < 2$, voir 6.1.2) prenant en compte les oscillations possibles.

Figure 11 – Nécessité d'une protection complémentaire

NOTE L'immunité du matériel obtenue selon la CEI 61000-4-5 peut être différente de la tenue aux tensions définie dans la CEI 60664-1(U_W). Ceci est dû au fait que l'essai de la CEI 61000-4-5 utilise un générateur combiné et une partie du courant de foudre peut s'écouler dans le matériel (spécialement s'il a une faible impédance). Dans ce cas, une coordination appropriée est nécessaire (voir 6.2.6).

Potentiellement, des surtensions de manœuvre dommageables peuvent être provoquées dans les bâtiments. Dans ce cas, des parafoudres complémentaires peuvent être nécessaires.

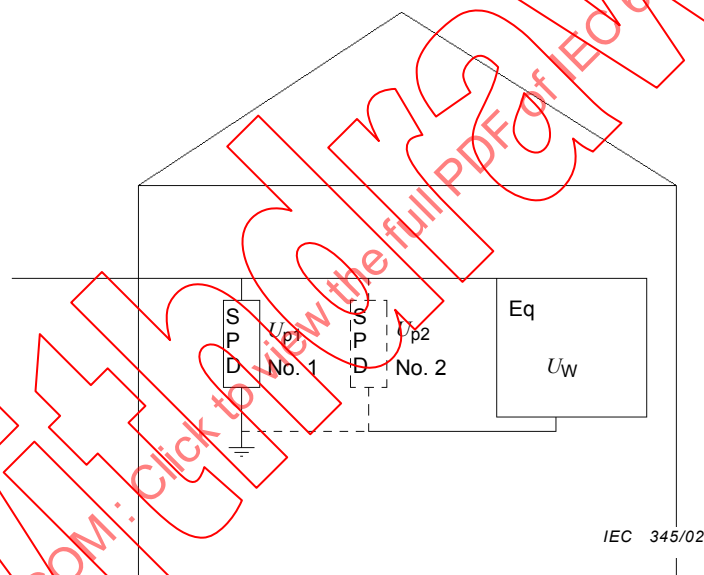
Quand deux parafoudres sont utilisés dans la même ligne, ils doivent être coordonnés.

Additional protection close to the equipment to be protected may be necessary in some special cases, for example where

- very sensitive equipment (electronic, computer) is present;
- the distance between the SPD located at the entrance and the equipment to be protected is too long (see 6.1.2);
- there are electromagnetic fields inside the structure created by lightning discharges and internal interference sources.

It is necessary to consider the voltage withstand (U_W , see IEC 60664-1) of the most sensitive equipment to be protected in the system. The SPD located closest to this equipment shall be selected with a voltage protective level of U_{p2} at least 20 % below the voltage withstand of this equipment. If the protective level (U_{p1}) of the entrance SPD combined with the effect described in 6.1.2, due to the distance between this SPD and the equipment leads to a voltage below $0,8 \times U_W$ at the terminals of the equipment, then no additional SPD is necessary close to the equipment (see figure 11).

See K.1.2 and figure K.9 for further information.



Key

If $U_{p1} \times k < 0,8 \times U_W$, only SPD No. 1 (installed at the entrance to the installation) is needed.

If $U_{p1} \times k > 0,8 \times U_W$, SPD No. 2 (with $U_{p2} < 0,8 U_W$) should be installed in addition to SPD No. 1.

Eq is the equipment to be protected having a withstand voltage U_W as defined by IEC 600664-1.

k is a coefficient ($1 < k < 2$, see 6.1.2) taking account of possible oscillations.

Figure 11 – Need for additional protection

NOTE The immunity of the equipment obtained from IEC 61000-4-5 may be different from the withstand voltage defined in IEC 60664-1 (U_W). The reason for this is that the test of IEC 61000-4-5 uses a combination wave generator, and a part of the surge current may flow through the equipment (especially if it has a low impedance). In this case, proper co-ordination is required (see 6.2.6).

Potentially damaging switching surges can be generated inside buildings. In this case, additional SPDs may be needed.

When two SPDs are used on the same conductor, they shall be co-ordinated.

6.1.5 Choix de l'emplacement du parafoudre en fonction des classes d'essai

Au point d'entrée dans le bâtiment en fonction des contraintes, les parafoudres essayés selon les classes I, II ou III peuvent être utilisés. L'aspect énergie des chocs est la clé pour le choix du bon parafoudre. Les parafoudres essayés selon les essais de classe II et de classe III sont aussi appropriés à un emplacement proche du matériel à protéger.

6.1.6 Concept de zone de protection

En vue de la conception et de l'application appropriées de protection contre la foudre, il peut être utile de considérer une hiérarchie de zones de protection comme décrit dans la CEI 61000-5-6 (à l'étude) et la CEI 61312-1.

Ce concept de planification assure que les paramètres critiques provoqués par les manœuvres dans les installations de puissance et les coups de foudre directs/indirects, sont réduits par paliers (la distance entre palier, devra être conforme à 6.1.2) entre l'environnement non protégé et la protection de matériels sensibles.

Un exemple de subdivision des installations de puissance dans le bâtiment pour la protection et la répartition des parafoudres est donné à la figure K.11.

6.2 Choix du parafoudre

Le parafoudre est choisi selon le schéma suivant en six étapes données de 6.2.1 à 6.2.6.

6.1.5 Choice of the location of the SPD depending on the classes of test

At the point of entry depending on the incoming stress, SPDs tested according to class I, class II or class III may be used. Consideration of the electrical stress involved in the surge is a key to choosing the right SPDs. SPDs tested according to class II and class III tests are also suited for location close to the protected equipment.

6.1.6 Protection zone concept

For the purpose of designing and applying appropriate surge protection, it may be useful to consider a hierarchy of zones of protection as described in IEC 61000-5-6 (under consideration) and IEC 61312-1.

This planning concept assumes that the conducted threatening parameters caused by switching in the power distribution systems and direct/indirect lightning strokes, are reduced in steps (the distance between the steps should be in accordance with 6.1.2) from the unprotected environment to the protected sensitive equipment.

An example of the subdivision of the building power distribution system into protection zones and the allocation of SPDs is shown in figure K.11.

6.2 Selection of SPD

SPDs are selected according to the following scheme in six steps given in 6.2.1 through 6.2.6.

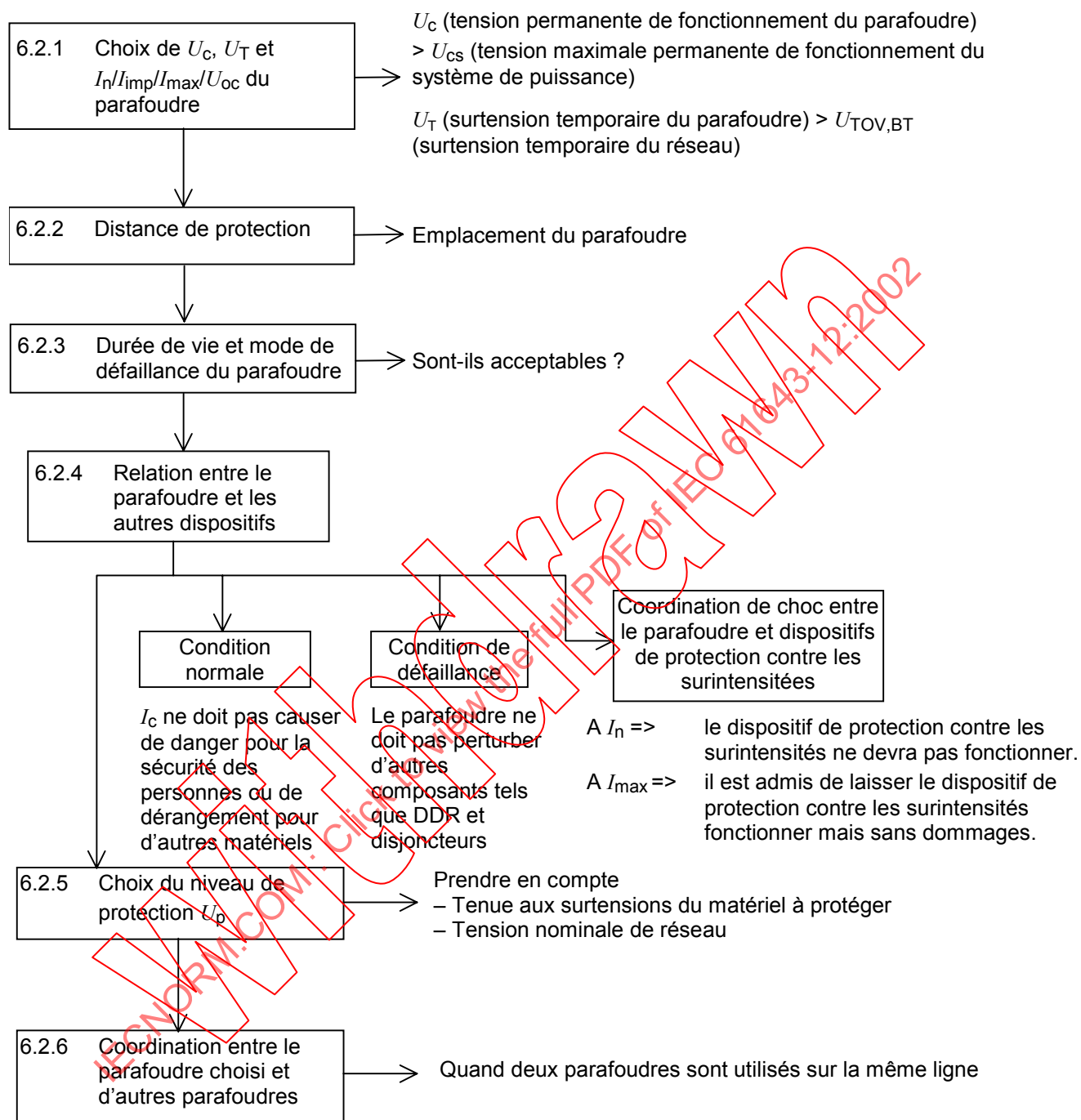


Figure 12 – Organigramme pour le choix d'un parafoudre

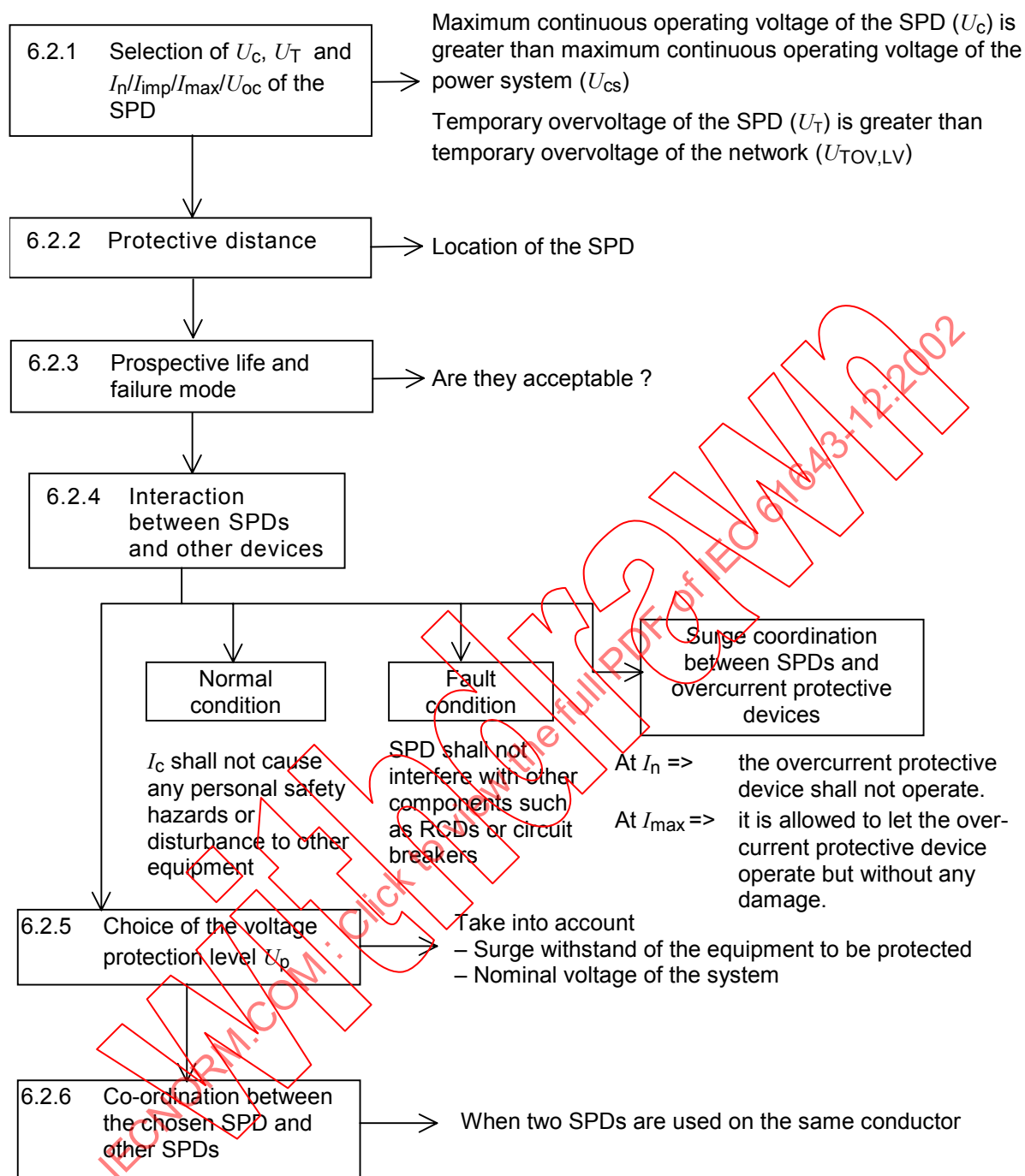


Figure 12 – Flowchart for the selection of an SPD

6.2.1 Choix de U_c , U_T et $I_n/I_{imp}/I_{max}/U_{oc}$ du parafoudre

U_c et U_T doivent remplir les critères suivants.

A l'exception du schéma IT suivant, U_c doit être supérieur à la tension maximale de fonctionnement permanent U_{cs} ($= k \times U_0$) pouvant se produire dans le réseau (voir annexe J et, en ce qui concerne les valeurs recommandées, se reporter à l'annexe B).

$$U_c > U_{cs}$$

En pratique, cela conduit à répondre aux prescriptions suivantes (voir CEI 60364-5-53):

Dans le schéma TT selon la figure K.2, U_c doit être au moins $1,5 U_0$.

Dans les schémas TN et TT selon la figure K.3, U_c doit être au moins $1,1 U_0$.

Dans le schéma IT, U_c doit être au moins aussi élevé que la tension phase U .

NOTE 1 U_0 est la tension phase neutre du système basse tension.

NOTE 2 Dans le schéma IT étendu, des valeurs plus élevées de U_c peuvent être nécessaires.

NOTE 3 La CEI 60364-5-53 est en cours de révision.

U_T doit être supérieur à la surtension temporaire (TOV) prévue dans l'installation due aux défaillances dans le réseau basse tension, comme l'illustre la figure 13.

$$U_T > U_{TOV,BT}$$

NOTE 4 Une tension $U_{TOV,BT}$ dont la durée est supérieure à 5 s peut être considérée comme une tension permanente de fonctionnement (U_c). En schéma IT, par exemple, la U_c d'un parafoudre relié entre la phase et la terre est au moins égale à la tension maximale du système entre phases ($U_0 \times \sqrt{3}$) dues à des défauts de terre pouvant se produire pendant une longue durée (quelques heures).

Dans quelques cas où les surtensions temporaires ont une amplitude trop élevée, il est très difficile, voire impossible, de trouver un parafoudre capable d'assurer une protection acceptable du matériel. Si la probabilité d'occurrence est suffisamment faible, on peut décider d'utiliser un parafoudre qui ne soit pas capable de supporter la contrainte des surtensions TOV. Dans ce cas, un dispositif de déconnexion adéquat doit être utilisé.

6.2.1 Selection of U_C , U_T and $I_n/I_{imp}/I_{max}/U_{oc}$ of the SPD

U_C and U_T shall fulfil the following criteria.

U_C shall, with the exception of the IT system below, be higher than the maximum continuous operating voltage U_{cs} ($= k \times U_0$) that may occur in the system (see annex J and, for suggested values, annex B).

$$U_C > U_{cs}$$

In practice it leads to the following requirements (see IEC 60364-5-53):

In TT systems according to figure K.2, U_C shall be at least $1,5 U_0$.

In TN systems and TT systems according to figure K.3, U_C shall be at least $1,1 U_0$.

In IT systems, U_C shall be at least as high as the line-to-line voltage U .

NOTE 1 U_0 is the line-to-neutral voltage of the low-voltage system.

NOTE 2 In extended IT systems, higher values of U_C may be necessary.

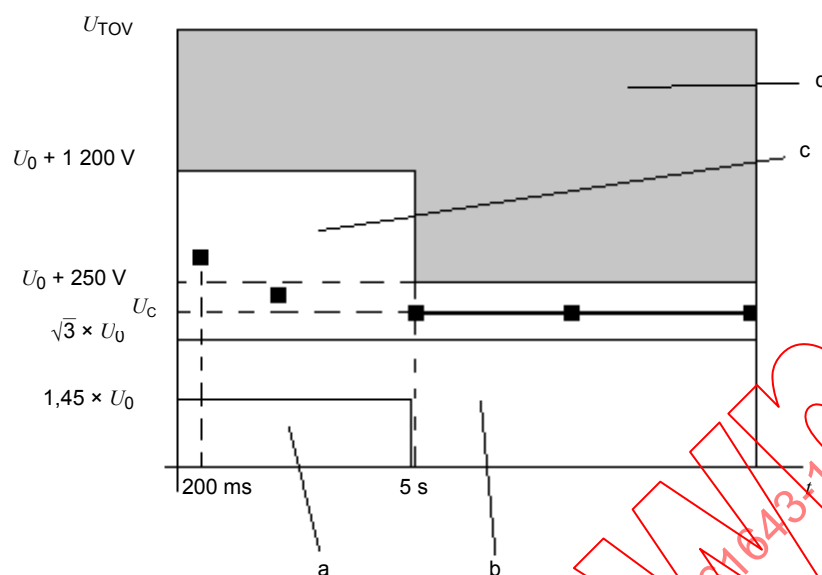
NOTE 3 IEC 60364-5-53 is under revision.

U_T values shall be higher than the temporary overvoltage (TOV) that is expected to occur in the installation due to faults in the low-voltage system, as illustrated in figure 13.

$$U_T > U_{TOV,LV}$$

NOTE 4 A $U_{TOV,LV}$ with a duration greater than 5 s may be considered as a maximum continuous operating voltage (U_C). In an IT system, for example, the U_C of an SPD connected between phase and earth is at least equal to the maximum phase-to-phase system voltage ($U_0 \times \sqrt{3}$) due to earth faults which may occur for a very long duration (several hours).

In some cases where the TOVs have too high a magnitude, an SPD which is able to provide equipment with acceptable surge protection may be difficult to find. If the probability of occurrence is low enough, it can be decided to use an SPD which cannot withstand the TOV stress. In this case, suitable disconnecting devices shall be used.



IEC 347/02

Légende

- a Zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et neutre en schémas TT, TN et IT pour un défaut dans l'installation BT (court-circuit)
- b Zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et terre en schéma IT (TT) pour un défaut dans l'installation BT (mise à la terre accidentelle) et zone de $U_{TOV,BT}$ entre phase et neutre en schémas TT et TN pour un défaut dans l'installation BT (coupure du neutre)
- c Valeur maximum de $U_{TOV,HT}$ chez l'utilisateur entre phase et terre en schéma TT et IT dans le cas d'un défaut se produisant dans le réseau HT
- d Zone indéfinie
- Valeurs de U_T du parafoudre

Figure 13 – U_T et U_{TOV}

NOTE 5 Comme indiqué sur la figure, il est possible de choisir un parafoudre présentant les caractéristiques suivantes:

$$U_T = U_c \geq U_{TOV,BT \text{ max}}$$

C'est le cas en particulier pour les schémas IT.

Le choix de la tenue en énergie du parafoudre (choix de I_{imp} , I_{max} ou U_{oc} en fonction de la classe d'essai) doit se baser sur l'analyse du risque (voir article 7) qui compare la probabilité de l'apparition de chocs, le prix des matériels à protéger et le taux de défaillance acceptable complété d'une analyse de la coordination quand plus d'un parafoudre est impliqué.

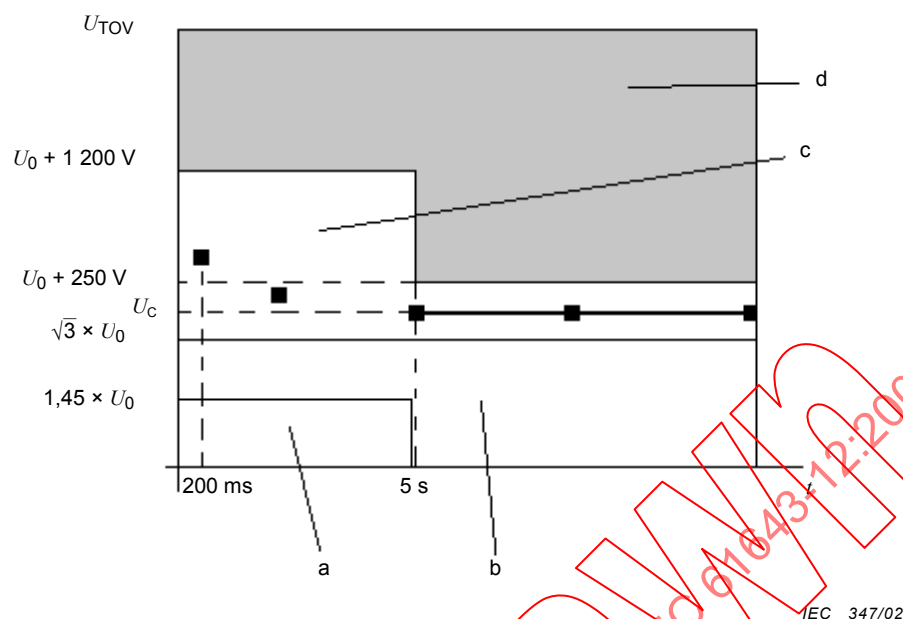
NOTE 6 Des valeurs supérieures à celles privilégiées en 5.5.2 peuvent être utilisées si nécessaire.

6.2.2 Distance de protection

Pour déterminer l'emplacement du parafoudre (à l'entrée, à proximité du matériel, etc.) il est nécessaire de connaître la distance de protection, c'est-à-dire la distance acceptable entre le parafoudre et le matériel à protéger pour laquelle le parafoudre procure une protection suffisante.

La distance dépend des caractéristiques du parafoudre (U_p , etc.), de son installation dans la structure (longueur des câbles, etc.), des caractéristiques du réseau (type et longueur des conducteurs, etc.) et des caractéristiques du matériel (tenue à la surtension, etc.). Pour plus d'explications, se référer à 6.1.2 et 6.1.3 où les phénomènes pris en compte sont traités.

NOTE Le concepteur des zones de protection doit avoir conscience de la distance de protection des parafoudres pour le matériel à protéger (voir 6.1.6).



Key

- a Area of $U_{TOV,LV}$ between phase and neutral for TT, TN and IT systems for a fault in the LV installation (short circuit)
- b Area of $U_{TOV,LV}$ between phase and earth for IT (TT) system for a fault in the LV installation (accidental earthing) and area of $U_{TOV,LV}$ between phase and neutral for TT and TN systems for a fault in the LV installation (loss of neutral)
- c Maximum value for $U_{TOV,HV}$ at the consumer location between phase and earth for TT and IT systems in the case of a fault occurring in the HV system
- d Undefined area
- Values of U_T of the SPD

Figure 13 – U_T and U_{TOV}

NOTE 5 As shown on the drawing it is possible to choose an SPD with the following characteristics:

$$U_T = U_c \geq U_{TOV,LV \max}$$

This is the case for IT systems, in particular.

The choice of the SPD energy withstand (choice of either I_{imp} , I_{max} or U_{oc} depending on the class of test) shall be based on a risk analysis (see clause 7) which compares the probability of occurrence of surges, the price of the equipment to be protected and the acceptable failure rate, completed with a co-ordination analysis when more than one SPD is involved.

NOTE 6 Higher values than the preferred values of 5.5.2 may be used if necessary.

6.2.2 Protective distance

To determine the location of the SPD (at the entrance, close to the equipment, etc.), it is necessary to know the protective distance, i.e. the acceptable distance between the SPD and the equipment to be protected where the SPDs provide sufficient protection.

This distance is dependent on the SPD characteristics (U_p , etc.), its installation in the structure (lead length, etc.), on the system characteristics (type and length of conductors, etc.) and on the characteristics of the equipment (overvoltage withstand, etc.). For more explanations, refer to 6.1.2 and 6.1.3 where the phenomena involved are discussed.

NOTE The planner of the protection zones should be aware of the protective distance of SPDs to the equipment to be protected (see 6.1.6).

6.2.3 Durée de vie et mode de défaillance prospectifs

6.2.3.1 Durée de vie prospective

En fonction des types de chocs et de leur fréquence d'apparition, la durée de vie d'un parafoudre peut être longue ou courte. Par exemple, si quelques secondes après l'installation d'un parafoudre présentant un courant maximal de décharge $I_{\max}$ de 20 kA 8/20, un courant de foudre de 30 kA 8/20 apparaît, le parafoudre est susceptible de se détruire. Sa véritable durée de vie sera, dans ce cas, de seulement quelques secondes! Ce cas extrême montre que toute durée de vie prospective donnée par le constructeur ne peut être basée que sur des essais normalisés et ne peut être garantie.

La seule méthode possible est de comparer les durées de vie. En revenant à l'exemple précédent, les deux parafoudres ayant des courants de décharge de 10 kA et 20 kA 8/20 peuvent être détruits, si un courant de foudre de 30 kA survient. En général, la durée de vie du parafoudre de 20 kA est supposée être plus longue que celle du parafoudre de 10 kA.

Pour résumer, il est nécessaire de choisir un parafoudre qui

- ne soit pas sujet à un vieillissement significatif dans les conditions normalisées d'essai de vieillissement;
- tienne compte de U_{TOV} , des coups de foudre appropriés et de la coordination nécessaire avec d'autres parafoudres;
- ne cause pas de danger d'incendie ou de choc électrique en cas de défaillance.

6.2.3.2 Modes de défaillance

Le mode de défaillance dépend du type de chocs et des surtensions. La coordination entre le parafoudre et toute protection en amont est nécessaire si l'on veut éviter des perturbations ou une coupure de l'alimentation.

6.2.4 Relations entre un parafoudre et d'autres dispositifs

Voir aussi la CEI 60364 qui donne des informations sur ce sujet.

6.2.4.1 Conditions normales

Le courant de fonctionnement permanent (I_c) ne doit pas engendrer de danger pour la sécurité des personnes (contact indirect, etc.) ou un risque pour d'autres matériels (par exemple interrupteurs différentiels).

NOTE 1 Il convient que I_c soit inférieur au tiers du courant différentiel-résiduel assigné ($I_{\Delta n}/3$) en cas de dispositif différentiel et que les effets cumulatifs des différents parafoudres et d'autres dispositifs soient pris en compte.

NOTE 2 Si le parafoudre est situé à l'aval d'un dispositif différentiel, d'un fusible ou d'un disjoncteur, il ne peut pas les protéger contre tout déclenchement indésirable, tout fonctionnement non prévu ou dommages dus à des chocs.

6.2.4.2 Conditions de défaillance

Il est possible de munir le parafoudre de dispositifs de déconnexion nécessaires de façon à ce qu'il ne perturbe pas d'autres composants tels que des interrupteurs différentiels, des fusibles ou des disjoncteurs.

6.2.3 Prospective life and failure mode

6.2.3.1 Prospective life

Depending on the types of surges and their frequency of occurrence, the life of an SPD may be long or short. For example, if a few seconds after the installation of an SPD, having a maximum discharge current $I_{\max}$ of 20 kA 8/20, a lightning current of 30 kA 8/20 occurs, the SPD is likely to fail. Its real lifetime will only be a few seconds in this case! This extreme case shows that any prospective lifetime given by a manufacturer can only be based on standardized testing and cannot be a guarantee.

It is only possible to consider prospective lifetimes. For example, SPDs having a maximum discharge current of 10 kA and 20 kA 8/20 can both be destroyed in a few seconds after installation, if a 30 kA lightning current occurs. In general conditions, the lifetime of the 20 kA rated SPD is expected to be longer than that of the 10 kA rated SPD.

To summarize, it is necessary to choose an SPD which

- does not age significantly under standardized ageing test conditions;
- takes into account U_{TOV} , expected surges and necessary co-ordination with any other SPDs;
- does not cause a hazard such as fire or electrical shock when it fails.

6.2.3.2 Failure modes

The failure mode itself is dependent on the type of surges and overvoltages. Co-ordination between the SPD and any upstream back-up protection is necessary if one wants to avoid power-supply disturbance or interruption.

6.2.4 Interaction between SPDs and other devices

See also IEC 60364 for information on this topic.

6.2.4.1 Normal conditions

The continuous operating current (I_c) shall not cause any personnel safety hazards (indirect contact, etc.) or disturbance to other equipment (for example, RCD).

NOTE 1 I_c should be less than one third of the rated residual current ($I_{\Delta n}/3$) in the case of RCDs. Cumulative effects of various SPDs and other devices should be taken into account.

NOTE 2 If the SPD is located on the load side of an RCD, fuse or circuit breaker, it is not able to provide any protection for these devices, against nuisance tripping, unintended operation or damage due to surges.

6.2.4.2 Fault conditions

The SPD may be fitted with necessary disconnecting devices in order not to interfere with other protective devices such as RCD, fuse or circuit-breakers.

6.2.4.3 Coordination de choc entre un parafoudre et un interrupteur différentiel ou des dispositifs de protection contre les surintensités tels que des fusibles ou des disjoncteurs

Une capacité de tenue définie des dispositifs de protection contre les surintensités et les dispositifs différentiels utilisés dans les réseaux n'est pas déterminée sauf pour les types S qui, selon leurs propres normes doivent être capables de supporter 3 kA 8/20 sans déclenchement (CEI 61008-1 et CEI 61009-1).

Lors de la coordination des parafoudres avec les dispositifs de protection contre les surintensités ou les DDR, il est recommandé que, pour le courant de décharge nominal, I_n , ce dispositif de protection contre les surintensités ou le dispositif différentiel ne fonctionne pas.

Cependant, pour un courant supérieur à I_n , il est permis de laisser le dispositif de protection contre les surintensités fonctionner. Dans le cas d'un dispositif de protection contre les surintensités réarmable, tel qu'un disjoncteur, il convient qu'il ne soit pas endommagé par le choc.

Dans ce cas, en raison du temps de réponse de tels dispositifs de protection contre les surintensités, le choc complet s'écoulera totalement dans le parafoudre même si le dispositif de protection contre les surintensités fonctionne. Ainsi, le parafoudre devra avoir une tenue suffisante en énergie. Il convient que les dommages dus à ce phénomène ne soient pas considérés comme une défaillance du parafoudre puisque l'installation est toujours protégée. Des configurations particulières où des dispositifs de protection contre les surintensités sont à utiliser si une coupure de l'alimentation n'est pas acceptable par l'utilisateur.

NOTE 1 En cas d'exposition à un courant élevé, tels que en cas de présence de paratonnerres ou de lignes aériennes, le fonctionnement du dispositif de protection contre les surintensités est acceptable en dessous de I_n , si I_n est supérieure à la tenue réelle du dispositif de protection contre les surintensités utilisée dans l'installation. Dans ce cas, le choix du courant nominal de décharge du parafoudre est basé seulement sur la capacité aux chocs.

NOTE 2 Si la décharge d'un parafoudre à coupure se produit, la qualité de service peut être réduite. Le courant de suite entraîne généralement le fonctionnement du dispositif de protection contre les surintensités sauf si la tension en coupure est à coupure automatique. La coordination avec le dispositif de protection contre les surintensités en amont est alors nécessaire.

6.2.5 Choix du niveau de protection en tension U_p

La tenue aux chocs du matériel à protéger et la tension nominale du réseau doivent être pris en considération lors du choix de la valeur préférentielle de la tension du niveau de protection du parafoudre. Plus la valeur est faible, plus le niveau de protection est élevé. Ceci est limité quand on prend en compte U_c et U_T , la dégradation du parafoudre et la coordination avec les autres parafoudres.

NOTE Le niveau de protection pour les parafoudres à tension de limitation est lié à une valeur spécifiée de $I_{crête}$ pour les essais de classe I et à I_n pour les essais de classe II. Le choix du niveau de protection pour les essais de classe III est défini par l'essai en onde combinée (U_{oc}).

De plus, pour les parafoudres à commutation de tension ou les parafoudres de type combiné, le niveau de protection de tension est aussi lié à la tension de l'éclateur.

6.2.6 Coordination entre le parafoudre choisi et les autres parafoudres

6.2.6.1 Généralités

Comme déjà vu, certaines applications peuvent nécessiter l'utilisation de deux parafoudres (ou plus) afin de réduire à une valeur acceptable (niveau de protection plus faible) la contrainte électrique exercée sur le matériel à protéger et pour réduire le courant transitoire à l'intérieur de la structure.

Pour obtenir une répartition acceptable de la contrainte entre les deux parafoudres en fonction de leur tenue en énergie une coordination est nécessaire.

Un exemple est illustré à la figure 14.

6.2.4.3 Surge co-ordination between SPDs and RCDs or overcurrent protective devices such as fuses or circuit-breakers

A defined withstand capability of overcurrent protective devices and residual current devices (RCDs) used in networks is not specified except for type S RCDs which, according to their own standards (IEC 61008-1 and IEC 61009-1), shall be able to withstand 3 kA 8/20 without tripping.

When co-ordinating SPDs with an overcurrent protective device or RCD, it is recommended that, at the nominal discharge current I_n , this overcurrent protective device or RCD shall not operate.

However, at current higher than I_n , it is normally acceptable for the overcurrent protective device to operate. In the case of a resettable overcurrent protective device, such as a circuit-breaker, it should not be damaged by the surge.

In this case, due to the response time of such overcurrent protective devices, the complete surge will flow through the SPD even when the overcurrent protective device operates. Thus, the SPD shall have a sufficient energy withstand. Operation of the RCD or of the overcurrent protective device due to this phenomenon should not be considered a failure of the SPD since the installation is still protected. Special configurations or overcurrent protective devices should be used if a power supply interruption is not acceptable to the user.

NOTE 1 In situations with high current exposure, such as lightning protection systems or overhead lines, operation of the overcurrent protective device is acceptable below I_n , if I_n is above the actual withstand of the overcurrent protective device used in the installation. In this case, the choice of the nominal discharge current of the SPD is based only on surge capability.

NOTE 2 If sparkover of a voltage switching type SPD occurs, the quality of the electrical supply service may be reduced. In general, a power follow current causes the operation of an overcurrent protective device unless the voltage switching type SPD is self-extinguishing. Co-ordination with the overcurrent protective devices upstream of the SPD is then needed.

6.2.5 Choice of the voltage protection level U_p

The surge withstand of the equipment to be protected and the nominal voltage of the system shall be considered in choosing the preferred voltage protection level value of the SPD. The lower the value the better the protection. This is limited by consideration of U_c and U_T , degradation of the SPD and co-ordination with other SPDs.

NOTE The voltage protection level for voltage limiting SPDs is related to a specified value of I_{peak} for class I tests and I_n for class II tests. The selection of the voltage protection level for class III tests is defined by the combination wave test (U_{oc}).

For voltage-switching SPDs or combination type SPDs the voltage protection level is also related to the sparkover voltage.

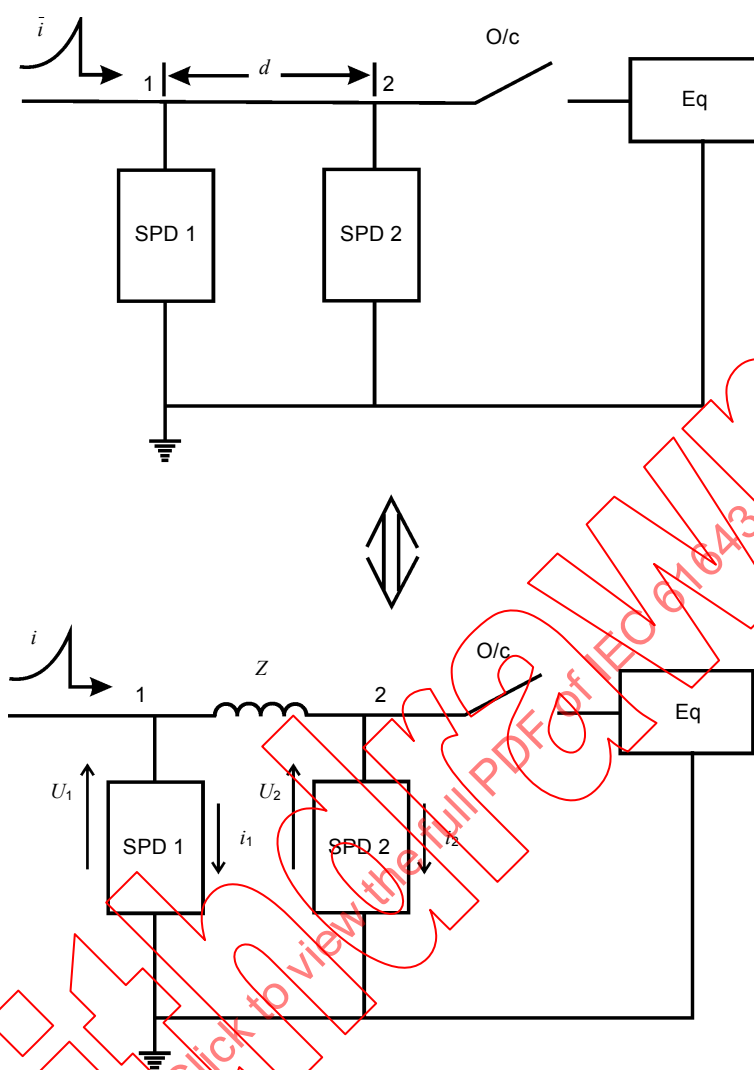
6.2.6 Co-ordination between the chosen SPD and other SPDs

6.2.6.1 General

As already discussed, some applications may require the use of two (or more) SPDs in order to reduce the electrical stress on the equipment to be protected to an acceptable value (lower voltage protection level) and to reduce the transient current inside the structure.

To obtain an acceptable sharing of the stress between the two SPDs according to their energy withstand, co-ordination is needed.

An example is shown in figure 14.



IEC 348/02

Légende

- Eq Matériel à protéger en fonctionnement normal
- O/c Circuit ouvert (matériel déconnecté de l'alimentation)
- i Choc d'entrée

Figure 14 – Utilisation type de deux parafoudres – Schéma électrique

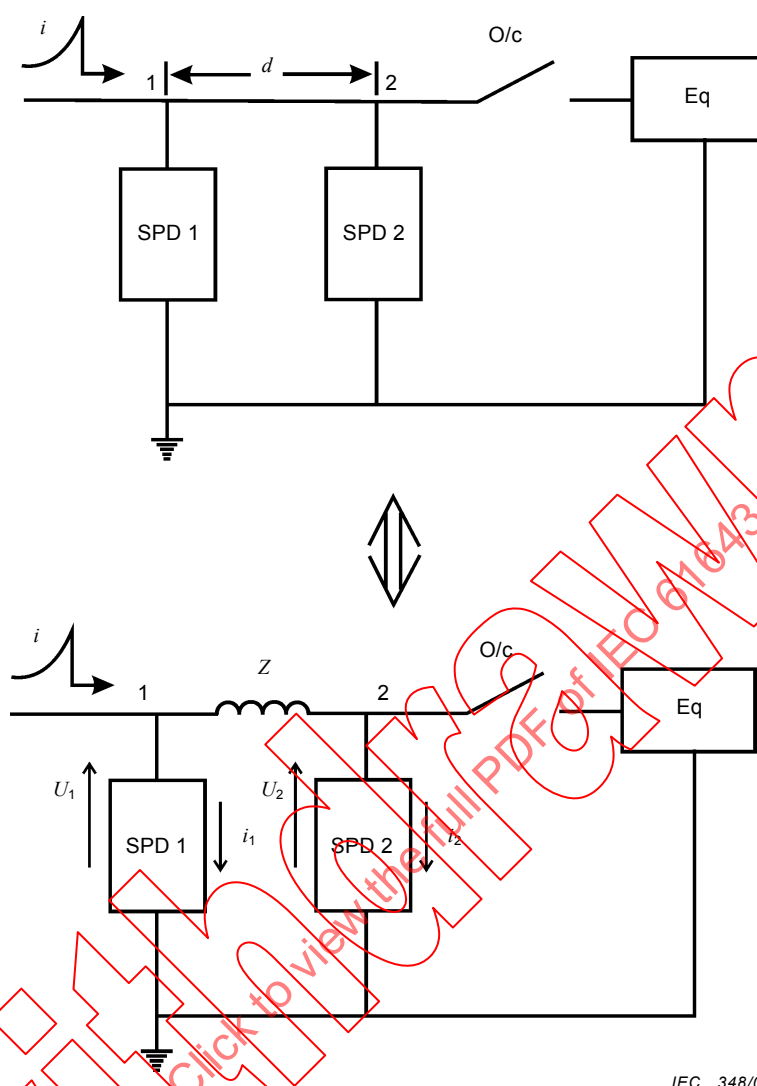
L'impédance Z entre les deux parafoudres (généralement une inductance) peut être physique (composant spécifique inséré dans la ligne pour faciliter la répartition de l'énergie entre les deux parafoudres) ou peut représenter l'inductance d'une longueur de câble entre les deux parafoudres (généralement, on considère $1 \mu\text{H/m}$). Quand Z représente une impédance physique, l'inductance de ligne peut être négligée à cause de sa faible valeur par rapport à Z . Z est alors représentée de manière schématique comme sur la figure 14 dans les deux cas.

NOTE 1 La figure 14 montre le cas le plus défavorable lorsque le matériel n'est pas raccordé. Aucun courant ne circule donc dans ce matériel et les deux parafoudres assument la totalité de la contrainte. Il convient qu'une considération complémentaire soit menée si le choc se produit entre les bornes du parafoudre et la charge.

NOTE 2 Dans cet exemple, on ne tient pas compte des cordons de raccordements. En pratique, ils peuvent avoir une influence sur la répartition de la contrainte entre les deux parafoudres.

NOTE 3 Si les conducteurs aller et retour sont étroitement couplés, la boucle d'induction est réduite et l'inductance est inférieure à $1 \mu\text{H/m}$. Elle peut alors descendre jusqu'à $0,5 \mu\text{H/m}$.

NOTE 4 La valeur de $1 \mu\text{H/m}$ combine déjà l'inductance des conducteurs amont et aval.



IEC 348/02

Key

- Eq Equipment to be protected in normal operation
 O/c Open circuit (equipment disconnected from supply)
 i Incoming surge

Figure 14 – Typical use of two SPDs – Electrical drawing

The impedance Z between the two SPDs (in general an inductance) may be a physical one (a specific component inserted in the line to facilitate the sharing of the energy between the two SPDs) or represent the inductance of a length of cable between the two SPDs (in general we consider $1 \mu\text{H/m}$). When Z represents a physical impedance, the inductance of the line may be neglected due to its low value compared to Z . Z is then represented in a schematic way as in figure 14 for both cases.

NOTE 1 Figure 14 shows the most severe case where the equipment is not connected. No part of the current is then flowing through this equipment and the total stress is taken by the two SPDs. Additional consideration should be given if the surge originates between the SPD terminals and the load.

NOTE 2 For this example the connecting leads are disregarded. In practice, they may have an influence on the sharing of the stress between the two SPDs.

NOTE 3 Where the forward and the return conductors are closely coupled, the loop is smaller and the specific inductance is lower than $1 \mu\text{H/m}$. It may then be as low as $0,5 \mu\text{H/m}$.

NOTE 4 The value of $1 \mu\text{H/m}$ already combines the inductance of the forward and return conductors.

6.2.6.2 Problèmes de coordination

Le problème de coordination peut être, en première approche, résumé par la question suivante: au cas où un choc d'entrée i est généré, quelle partie du courant i va circuler à travers le parafoudre n° 1 et quelle partie va circuler à travers le parafoudre n° 2? De plus, les deux parafoudres sont-ils capables de supporter ces contraintes?

Si la distance entre les deux parafoudres est faible par rapport à la durée du choc, l'effet d'inductance sera négligeable et le parafoudre n° 2 pourrait être soumis à de fortes contraintes.

Une bonne coordination est obtenue en choisissant des parafoudres qui réduisent la valeur de i_2 à un niveau acceptable, en tenant compte de l'impédance entre les deux parafoudres. Cette action réduira aussi, bien sûr, la tension résiduelle du deuxième parafoudre à la valeur souhaitée.

Une telle coordination est nécessaire pour éviter

- un surdimensionnement du parafoudre n° 2;
- quelques perturbations électromagnétiques pouvant poser des problèmes dans le bâtiment si i_2 était trop élevée.

Cependant, traiter le problème de la coordination en termes de courants n'est pas suffisant. Il est nécessaire de traiter ce problème en termes d'énergie.

Pour être sûr que les deux parafoudres sont bien coordonnés, il est alors nécessaire que la condition suivante, qui est appelée critère d'énergie, soit remplie.

La coordination en termes d'énergie est obtenue, si pour chaque courant de choc entre 0 et $I_{\max 1}$ ($I_{\text{crête}1}$), la valeur d'énergie dissipée à travers le parafoudre n° 2 est inférieure ou égale à la tenue en énergie maximale ($E_{\max 2}$).

Voir annexe K pour plus d'information.

6.2.6.3 Cas pratiques

L'étude de la coordination peut être complexe. Si les parafoudres sont fournis par le même fabricant, il est plus facile de demander au constructeur les prescriptions éventuelles concernant la distance ou l'impédance entre les parafoudres sélectionnés pour une bonne coordination.

Dans les autres cas il est nécessaire de faire une étude de coordination et quatre possibilités sont offertes.

- Effectuer un essai en appliquant un courant de choc de zéro à un courant correspondant à $E_{\max 1}$, à la fois à onde longue et onde courte, en tenant compte que la tolérance sur les composants peut avoir une grande influence sur le résultat (ces essais sont à l'étude).
- Effectuer une simulation tenant compte des particularités concrètes de l'installation en ayant présente à l'esprit la nécessité d'avoir des données précises sur les caractéristiques du parafoudre.
- Effectuer une étude analytique en comparant la courbe U/i des deux parafoudres quand ils sont de type limité.
- Utiliser une autre méthode appelée «let-through energy» (LTE) qui donne un résultat satisfaisant dans la plupart des cas.

Les annexes F et K donnent des explications complémentaires sur les phénomènes, les études analytiques et la méthode LTE.

6.2.6.2 Co-ordination problems

The co-ordination problem may be summarized in a first approach by the following question: in the case of an incoming surge i , which part of this current i will flow through SPD1 and which part through SPD2? In addition, are the two SPDs able to withstand these stresses?

If the distance between the two SPDs is short in relation to the duration of the surge, the inductance effect will be negligible and SPD2 might be overstressed.

Good co-ordination is achieved by selecting appropriate SPDs to reduce the value of i_2 to an acceptable level, taking into account the impedance between the two SPDs. This action will, of course, also reduce the residual voltage of the second SPD down to the desired value.

Such a co-ordination is required to avoid

- an overdesign of SPD2;
- some EMC perturbations which could cause trouble in the building if i_2 was too high.

However, to deal with the co-ordination in terms of currents is not sufficient. It is necessary to deal with co-ordination in terms of energy.

To be sure that two SPDs are well co-ordinated, it is then necessary to fulfil the following requirement, called the energy criterion.

Energy co-ordination is achieved, if for all values of surge current between 0 and $I_{\max 1}$ ($I_{\text{peak}1}$) the portion of energy, dissipated through SPD2 is lower or equal to its maximum energy withstand ($E_{\max 2}$).

See further information in annex K.

6.2.6.3 Practical cases

The co-ordination study may be complex. If all the SPDs have been provided by the same manufacturer, the easiest way is to ask the manufacturer for any requirements, in terms of distance or impedance between the selected SPDs, for proper co-ordination.

Otherwise, it is necessary to make a co-ordination study and four possibilities are offered.

- Perform some testing by impressing a surge current from zero up to a current corresponding to $E_{\max 1}$ both with long and short waveforms, keeping in mind that the tolerance on components may have a significant influence on the result (tests are under consideration).
- Perform a simulation taking care of the particularities of the actual scheme of the installation keeping in mind that it is necessary to have accurate data on the SPDs characteristics.
- Perform an analytical study by comparing the curve U versus i of the two SPDs when they are of the voltage-limiting type.
- Use another method called let-through energy (LTE) which gives a conservative result in most of the cases.

Annexes F and K give more explanation about the phenomena, the analytical studies and the LTE method.

6.3 Caractéristiques des dispositifs auxiliaires

6.3.1 Dispositif de déconnexion

Un déconnecteur simple peut être capable de réaliser les trois fonctions de base du déconnecteur (protection thermique, protection contre les courts-circuits et protection contre les contacts indirects) ou il peut être nécessaire d'utiliser jusqu'à trois déconnecteurs.

Ils peuvent être incorporés à l'intérieur du parafoudre ou lui être associés. Quelques fonctions peuvent être prises en compte par le système de protection générale et ensuite peuvent être placées à une certaine distance du parafoudre. Le fait que les déconnecteurs soient dans le circuit du parafoudre ou en ligne dans l'installation dépend de la coordination avec d'autres dispositifs de protection contre les surintensités et de l'équilibre entre la nécessité de continuité de l'alimentation par rapport à la continuité de la protection (voir J.2).

D'autres fonctions du déconnecteur peuvent être nécessaires, par exemple dans le cas de surtensions temporaires très élevées.

Un déconnecteur peut être un fusible, un disjoncteur ou un dispositif différentiel ou un dispositif spécialement développé pour cette application.

6.3.2 Compteurs de chocs

Ce type de dispositif donne d'ordinaire des informations sur le nombre de chocs détectés et, quelquefois, leurs amplitudes et formes d'ondes. Les compteurs de chocs peuvent être utilisés pour déterminer la sévérité du site ou pour décider d'une politique de remplacement. Quelques compteurs perfectionnés donnent des indications statistiques comme la fréquence d'apparition, l'heure et la date, l'énergie impliquée, etc.

NOTE 1 Il convient que les utilisateurs sachent que si le seuil est trop bas, il y a un risque que l'information donnée par un tel dispositif puisse être erronée.

NOTE 2 Actuellement, il n'existe pas de norme CEI traitant de tels dispositifs.

6.3.3 Indicateurs d'état

Ce dispositif est associé au déconnecteur pour informer l'utilisateur que le parafoudre n'est plus opérationnel ou ne fonctionne plus selon sa conception. Il peut être utilisé pour donner une indication de remplacement du parafoudre. Quelques indicateurs de défaut sont proches et certains d'entre eux éloignés. Ils peuvent transmettre des alarmes visuelles ou sonores.

7 Analyse du risque

Deux types d'analyse du risque peuvent être menés: l'analyse de base est utilisée pour déterminer la nécessité d'utiliser un parafoudre. Le deuxième a pour but de déterminer la tenue en énergie du parafoudre situé à l'entrée ou proche du matériel (la tenue en énergie des autres parafoudres éventuels est donnée par l'étude de la coordination entre les parafoudres) (voir annexe L).

La décision d'utiliser ou non un parafoudre dépend d'une grande variété de paramètres que l'utilisateur doit analyser. Les paramètres qui doivent être pris en compte sont précisés en annexe L. Si l'utilisation d'un parafoudre est décidée, il convient de choisir le niveau d'exposition pour déterminer la classification et l'emplacement des parafoudres à spécifier.

6.3 Characteristics of auxiliary devices

6.3.1 Disconnecting devices

A single disconnecter may be able to take care of the three basic disconnecter functions (thermal protection, short-circuit protection and protection against indirect contact) or it may be necessary to use up to three disconnecters.

They may be fitted inside the SPD itself or associated with it. Some functions may be taken into account by the back-up protection of the system and then may be located at a certain distance from the SPD. Whether the disconnecters are put in the SPD circuit or in line with the mains, depends on co-ordination with overcurrent protective devices and on the balance of the need for continuity of power supply compared to continuity of protection (see J.2).

Some other disconnecter functions may be needed, for example, in the case of very high temporary overvoltage.

A disconnecter may be a fuse, a circuit-breaker, an RCD or a device dedicated to this application.

6.3.2 Event counters

This type of device usually gives information on the number of surges detected and sometimes their magnitudes and waveshapes. Event counters may be used to determine the severity of the site or to decide on a replacement policy. Some sophisticated ones give statistical data such as frequency of occurrence, time and date, energy involved, etc.

NOTE 1 Users should be aware that if the threshold level is too low there is a risk that the information given by such a device may be misleading.

NOTE 2 At the present time no IEC standard exists to cover such devices.

6.3.3 Status indicator

This device is linked to a disconnecter to provide the user with the information about the SPD to show that it is either operational or no longer functioning according to design. It can be used to give a warning to replace the SPD. Some status indicators are local and some of them are remote. They may provide electrical, visual or audible alarms.

7 Risk analysis

Two types of risk analysis may be performed: the basic analysis is used to determine if there is a need to use an SPD. The second type is to determine the energy withstand of the SPD located at the entrance or close to the equipment (the energy withstand of the other SPDs if any is given by the study of co-ordination between the SPDs) (see annex L).

The decision as to whether or not to use SPDs is dependent upon a wide range of parameters which shall be weighted by the user. The parameters that should be considered are listed in annex L. If it is decided to use SPDs, a decision should then be made on the level of exposure to determine the classification and location of the SPDs to be specified.

Une méthode d'évaluation du risque dans le cas de chocs de foudre est proposée dans la CEI 61662 et son amendement 1. La CEI 61662 est actuellement en révision pour mieux correspondre aux parafoudres. Lorsqu'une analyse complète est trop complexe, des méthodes simplifiées, basées sur la CEI 61662, peuvent être utilisées. Une méthode est à l'étude pour les chocs de manœuvre.

8 Coordination dans le cas d'un matériel présentant à la fois des bornes de télécommunication et de puissance

A l'étude.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

A method for assessment of the risk in the case of lightning surges is proposed in IEC 61662 and its amendment 1. IEC 61662 is currently under revision to better address SPDs. In situations where full analysis is too complex, simplified methods, based on IEC 61662, may be used. In the case of switching surges a method is under consideration.

8 Co-ordination where equipment has both signalling and power terminals

Under consideration.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

Annexe A (informative)

Informations types sur les enquêtes, appels d'offre et explication des procédures d'essai

A.1 Informations données avec les enquêtes

A.1.1 Données du réseau

- U_0 , U_{cs}
- fréquence
- courbe des surtensions temporaires U_{TOV} en fonction du temps
- niveau d'isolation du matériel à protéger

NOTE Il convient que l'utilisateur sache que la force de la tenue à l'isolation peut varier avec la montée et la durée de la surtension. Par exemple, les dispositifs qui peuvent tenir les chocs à 4 kV 1,2/50 ne peuvent tenir que 1 kV pour les ondes plus longues.

- courant de court-circuit du réseau à l'emplacement du parafoudre
- type de schéma de distribution (IT, TT, TN, etc.)

A.1.2 Conditions de fonctionnement

Conditions de défaillance

- priorité à la continuité de l'alimentation
- priorité à la protection
- les deux

Conditions anormales

- conditions ambiantes
- réseau: augmentation possible de U_{cs} à l'emplacement du parafoudre (par exemple due à la régulation de tension)

A.1.3 Considérations sur le fonctionnement du parafoudre

a) Connexion

- phase-terre
- neutre-terre
- phase-neutre
- phase-phase

b) Type de matériel à protéger

- transformateurs
- machines électriques
- dispositifs comprenant de l'électronique
- autres matériels
- câbles (type et longueur), etc.

Annex A

(informative)

Typical information given with inquiries and tenders and explanation of testing procedures

A.1 Information given with inquiries

A.1.1 System data

- U_0 , U_{cs}
- frequency
- temporary overvoltage U_{TOV}
- insulation level of equipment to be protected

NOTE The user should be aware that the insulation withstand strength may vary with the steepness and duration of overvoltage. For example, devices which withstand 4 kV 1,2/50 may only withstand 1 kV with a longer wave.

- short-circuit current of the system at the SPD location
- type of distribution system (IT, TT, TN, etc.)

A.1.2 Service conditions

Failure mode conditions

- priority to power supply continuity
- priority to protection
- both

Abnormal conditions

- ambient conditions
- system: possible increase in U_{cs} at the location of SPD (for example, due to voltage regulation)

A.1.3 SPD application considerations

a) Connection

- phase to earth
- neutral to earth
- phase to neutral
- phase to phase

b) Type of equipment being protected

- transformers
- electrical machines
- devices including electronics
- other equipment
- cables (type and length), etc.

- c) Longueur maximale du conducteur entre le parafoudre et le matériel à protéger (distance de protection)

NOTE Il convient que cette distance soit aussi courte que possible.

- d) Longueur maximale (longueur de câble) des conducteurs depuis les bornes de parafoudre en considérant les connexions entre le parafoudre et tous les conducteurs (phase, neutre, terre).

A.1.4 Caractéristiques du parafoudre

- tension maximale de régime permanent U_c
- niveau de la protection en tension U_p
- caractéristiques d'essai: classes I, II ou III
- tenue au courant de court-circuit en cas de défaillance du parafoudre
- environnement de l'installation du parafoudre (intérieur ou extérieur etc.)
- nombre de ports
- degré de protection procuré par l'enveloppe (code IP)
- courant nominal de décharge I_n (essais de classes I et II)
- courant de charge maximal permanent (si nécessaire)
- I_{imp} , I_{max} ou U_{oc} (respectivement essais de classe I, II et III)
- caractéristiques TOV U_T
- mode de défaillance

et en plus pour les parafoudres à deux ports:

- courant de charge maximal permanent I_L (si exigé)
- chute de tension en pour-cent

A.1.5 Matériels complémentaires et fixations

- type de montage
- orientation du montage
- déconnecteur du parafoudre si nécessaire
- sections des fils de connexion

A.1.6 Toutes autres conditions anormales

Par exemple: fonctionnement très fréquent.

A.2 Informations pour les appels d'offre

Tous les points de A.1.4 et A.1.5.

En plus, selon la technologie:

- caractéristique de TOV U_T
- tension résiduelle en fonction du courant
- possibilités de montage, gabarit de perçage, base isolante, serrage
- type de bornes des parafoudres et taille des conducteurs acceptée
- dimensions et poids

- c) Maximum length of conductor between SPD and equipment to be protected (protective distance)

NOTE This distance should be as short as possible.

- d) Maximum length (lead length) of conductors from the SPD terminals considering both connection between SPD and all conductors (phase, neutral, earth)

A.1.4 Characteristics of SPD

- maximum continuous operating voltage U_c ,
- voltage protection level U_p
- testing characteristics: class I, II or III
- short-circuit current withstand in case of SPD failure
- environment of SPD installation (outdoor, indoor, etc.)
- number of ports
- degree of protection provided by enclosure (IP code)
- nominal discharge current I_n (tests class I and II)
- maximum continuous load current (if required)
- I_{imp} , I_{max} or U_{oc} (tests class I, II and III respectively)
- TOV characteristic U_T
- failure mode

and in addition for two-port SPDs:

- maximum continuous load current (if required) I_L
- voltage drop in per cent

A.1.5 Additional equipment and fittings

- type of mounting
- mounting orientation
- SPD disconnecter if required
- cross-section of connection lead

A.1.6 Any special abnormal conditions

For example: very frequent operation.

A.2 Information given with tender

All points from A.1.4 and A.1.5.

In addition, depending on the technology:

- TOV characteristic U_T
- residual voltage versus current
- possibilities for mounting, drilling plans, insulating base, bracket
- type of SPD terminals and permissible conductor size
- dimensions and weights

A.3 Explication sur les procédures d'essai utilisées dans la CEI 61643-1

A.3.1 Détermination de U_{res} pour les parafoudres essayés selon les essais de classes I et II

Il est prescrit de mesurer la tension résiduelle en utilisant un générateur d'onde 8/20 avec la séquence d'amplitude suivante: 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 et 2 fois I_n pour les deux polarités. Enfin, au moins un choc à I_{max} ou $I_{crête}$ (si I_{max} ou $I_{crête}$ est supérieur à I_n) est appliqué au parafoudre à la polarité qui montre des surtensions résiduelles plus élevées dans l'essai précédent.

La première séquence est effectuée à une polarité, puis la seconde à la polarité opposée afin de vérifier s'il n'existe pas d'effets cumulatifs sur le parafoudre.

La forme d'onde est toujours 8/20 que ce soit pour la classe I ou pour la classe II car elle est utilisée en tant que valeur comparative. Elle est utilisée pour choisir un parafoudre en comparant ses caractéristiques de protection à la tension de tenue aux chocs du matériel à protéger. La forme d'onde typique pour essayer les parafoudres de classe I est I_{imp} définie par $I_{crête}$ et Q , mais cette forme d'onde n'est pas très différente de 8/20 en terme de pente de montée à l'origine du courant. Donc, la forme d'onde 8/20 est utilisée pour obtenir une base commune pour comparer les caractéristiques protectrices des parafoudres.

De nombreuses valeurs sont utilisées entre $0,1 \times I_n$ et $2 \times I_n$ car il est nécessaire de trouver le point aveugle susceptible de se produire (un point aveugle étant le cas où une valeur plus faible de courant donne une tension résiduelle plus élevée). Il est important de noter que la tension résiduelle à I_n est une valeur conventionnelle qui ne peut pas être la valeur la plus élevée (cas du point aveugle).

La valeur de U_p notée sur le marquage n'est pas suffisante pour élaborer la coordination d'isolation et la coordination entre les parafoudres. La courbe ou le tableau des tensions résiduelles doit être fournie par le constructeur dans sa documentation technique.

Des mesures suffisantes (au moins une) sont effectuées entre $2 \times I_n$ et I_{max} ou $I_{crête}$ de façon à obtenir une courbe de tension résiduelle jusqu'à I_{max} ou $I_{crête}$ avec suffisamment de points.

NOTE Quand $2 \times I_n$ est supérieur à I_{max} ou $I_{crête}$, l'essai peut alors être réalisé à $1,2 I_n$.

A.3.2 Forme d'onde de choc pour la détermination de U_{res}

L'onde 8/20 utilisée pour essayer les parafoudres à un port a un dépassement de courant admissible de 5 %. Ce dépassement ne doit pas avoir une incidence sur U_{res} donné par un parafoudre à un port.

Dans le cas d'un parafoudre à deux ports, il est habituel d'avoir des impédances en série telle qu'une inductance de découplage. De plus, une capacité shunt peut être placée à côté de l'inductance du matériel pour réaliser un effet de filtre passe-bas. Dans de tels cas, une onde de choc avec dépassement modifiera d'une façon significative U_{res} , selon l'amplitude du dépassement. C'est la raison pour laquelle le dépassement autorisé lors d'un essai de parafoudre à deux ports est réduit à 5 %.

A.3.3 Influence d'un filtre de retour sur la détermination de U_{res}

Quand un filtre de retour est utilisé pour des dispositifs à deux ports, une interaction peut survenir altérant la mesure U_{res} observée et peut produire un résultat erroné.

A.3 Explanation of testing procedures used in IEC 61643-1

A.3.1 Determination of U_{res} for SPDs tested according to class I and class II tests

It is requested that the residual voltage be measured using an 8/20 wave generator with the following sequence of magnitudes: 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 and 2 times I_n in both polarities. Finally, at least one impulse at I_{max} or I_{peak} (providing I_{max} or I_{peak} is greater than I_n) is applied to the SPD at the polarity that showed higher residual voltages in the previous test.

The first sequence is made in one polarity and the second sequence in the opposite polarity in order to check whether there is any cumulative effect on the SPD.

The waveshape is always 8/20 whether it is a class I test or a class II test because it is used as a comparative value. It is used to select an SPD when comparing its protective characteristics to the impulse withstand voltage of the equipment to be protected. The typical waveshape for class I tests is I_{imp} defined by I_{peak} and Q , but this waveshape is not so different from an 8/20 waveshape in terms of rate of rise of current. Therefore, the 8/20 waveshape is used to obtain a common basis for comparison of SPD protective characteristics.

Many values are used between $0,1 \times I_n$ to $2 \times I_n$, because it is necessary to find any blind spot which may occur (a blind spot being the case where a lower value of current gives a higher residual voltage). It is important to note that the residual voltage at I_n is a conventional value which may not be the highest value (for example, if the SPD has a blind spot).

The value of U_p printed on the nameplate is not sufficient for making the insulation co-ordination and co-ordination between SPDs. A curve or table of the residual voltages has to be provided by the manufacturer in his technical documentation.

Enough measurements (at least one) are made between $2 \times I_n$ and I_{max} or I_{peak} in order to get a residual voltage curve up to I_{max} or I_{peak} with sufficient points.

NOTE When $2 \times I_n$ is higher than I_{max} or I_{peak} then the test may be conducted at $1,2 I_n$.

A.3.2 Impulse waveshape for assessment of U_{res}

The 8/20 waveshape used for testing one-port SPDs has a permissible current overshoot of 5 %. Such overshoot will have no effect on the U_{res} produced by one-port SPDs.

In the case of two-port SPDs, it is usual to have some series impedance, such as an inductor, for decoupling. Additionally, a shunt capacitor may be fitted at the equipment side of the inductor to produce a low pass filter effect. In such cases, an impulse wave with overshoot will significantly alter U_{res} , according to the magnitude of overshoot. It is for this reason that the permissible overshoot in the testing of two-port SPDs is restricted to 5 %.

A.3.3 Influence of a back filter on determination of U_{res}

When a back filter is used with two-port devices, an interaction can occur which distorts the observed U_{res} and can produce a misleading result.

Un dispositif à deux ports avec filtre passe-bas produira U_{res} crête un moment après la fin de l'application du choc. De la même façon, le filtre de retour réagira et renverra l'énergie stockée à la fin du choc. La forme d'onde et l'amplitude de la tension crête qui en résulte dépendent des paramètres du filtre de retour et du dispositif à l'essai.

Afin de déterminer le cas le plus défavorable de la valeur de U_{res} , il convient d'appliquer l'essai de choc à la valeur maximale de l'alimentation alternative et qu'il ait la même polarité. A cet instant, tous les composants du dispositif en essai sont à U_{max} . La valeur U_{res} est alors la somme de U_{max} et de la tension incrémentée due au choc appliqué. Cette valeur peut être déterminée en appliquant une tension continue par une diode conductrice qui est égale à U_{max} . Le choc est appliqué entre la diode et le dispositif à deux ports. Selon la conception du dispositif à deux ports, il peut s'avérer nécessaire de fournir une source de tension alternative pour la mise sous tension interne ou pour des diagnostics électroniques.

NOTE L'essai n'est pas approprié à des parafoudres ayant un transformateur d'isolement incorporé.

A.3.4 Essai de fonctionnement pour les parafoudres essayés selon les essais des classes I et II

En premier lieu, un préconditionnement est réalisé afin de s'assurer que le dispositif n'a pas vieilli.

Le préconditionnement est réalisé avec 15 chocs 8/20 à un courant de décharge nominal au lieu de 20 décharges normalement utilisées pour les essais haute tension. Ceci est dû à l'essai de fonctionnement lui-même qui est beaucoup plus sévère que celui utilisé dans la CEI 60099-4 (par exemple en termes de nombre de chocs et de formes d'onde).

Le préconditionnement est réalisé sous U_c . La synchronisation entre chaque choc et l'alimentation 50/60 Hz est avancée de 30° après chaque choc. Le premier choc commence à 0°. La raison est que des parafoudres tels que les éclateurs sont sensibles à cet angle, particulièrement en ce qui concerne le courant de suite.

Les 15 chocs sont appliqués en trois groupes de cinq chocs. Un temps suffisant est respecté entre chaque groupe (30 min) pour permettre le refroidissement de l'échantillon.

Après ce préconditionnement, un choc complémentaire est appliqué à chacun des niveaux de courants suivants: 0,1 I_{max} (respectivement I_{imp}), 0,25 I_{max} (respectivement I_{imp}), 0,5 I_{max} (respectivement I_{imp}), 0,75 I_{max} (respectivement I_{imp}) et I_{max} (respectivement I_{imp}), sont appliqués de façon à trouver un éventuel point aveugle. Un refroidissement est respecté entre chaque choc. Un point aveugle correspond à une valeur de courant plus faible que I_{max} (respectivement I_{imp}), pouvant créer une défaillance du parafoudre alors que le parafoudre est parfaitement correct à I_{max} (respectivement I_{imp}). Un exemple typique est celui d'une varistance ZnO en parallèle avec un éclateur. Si l'éclateur ne s'amorce pas, la charge totale est appliquée sur la varistance. Cette varistance n'est pas capable de résister à la même contrainte que l'éclateur et peut défaillir.

A two-port device in the form of a low pass filter will produce peak U_{res} at a time after the end of the applied impulse. In the same way, a back filter will react and return stored energy at the end of the impulse. The resultant waveshape and voltage at peak magnitude depend on the parameters of both the back filter and the device under test.

In order to determine the worst-case value of U_{res} , the test impulse should be applied at the maximum value of the a.c. supply, and should have the same polarity. At this point in time, all components within the device under test are at U_{max} . The value U_{res} will then be the sum of U_{max} and the incremental voltage due to the applied impulse. This value can be determined by applying a d.c. voltage via a steering diode which is equal to U_{max} . The test impulse is applied between the diode and the two-port device. Depending on the two-port device design, it may be necessary to provide an alternative a.c. source to power internal operating or diagnostic electronics.

NOTE The test is not suitable for SPDs which include an isolation transformer.

A.3.4 Operating duty test for SPDs tested according to class I and II type tests

Firstly, preconditioning is performed in order to be sure there is no ageing of the device.

The preconditioning is conducted using 15 impulses 8/20 at the nominal discharge current instead of the 20 impulses usually used in high-voltage arrester testing. The reason is that the operating duty test itself is more severe (for example, in terms of number of surges and waveshape) than the one used in IEC 60099-4.

The preconditioning is carried out with U_c applied. The synchronization between each impulse and the 50/60 Hz is advanced 30° after each impulse. The first impulse commences at 0° . The reason is that some SPDs, such as spark gaps, are sensitive to this angle, especially with respect to power follow current.

The 15 impulses are applied in three groups of five impulses. There is enough time between each group (30 min) to allow cooling down of the sample.

After this preconditioning, an additional impulse is applied at each of the following current levels $0,1 I_{\text{max}}$ (respectively I_{imp}), $0,25 I_{\text{max}}$ (respectively I_{imp}), $0,5 I_{\text{max}}$ (respectively I_{imp}), $0,75 I_{\text{max}}$ (respectively I_{imp}) and I_{max} (respectively I_{imp}) in order to find a possible blind spot. There is a thermal cooling between each impulse. A blind spot corresponds to a value of current lower than I_{max} (respectively I_{imp}) which can cause failure of the SPD whereas the SPD is perfectly all right at I_{max} (respectively I_{imp}). A typical example is one of a ZnO varistor in parallel with a spark gap. If the gap does not fire the total surge is applied to the varistor. This varistor may not be able to withstand the same stress as the gap and may fail.

Annexe B (informative)

Exemples de relation entre U_c et la tension nominale utilisée dans certains réseaux, et exemples de relation entre U_p et U_c pour une varistance ZnO

B.1 Relation entre U_c et la tension nominale du réseau

Tableau B.1 – Relation entre U_c et la tension nominale du réseau

Tensions nominales du réseau selon la CEI 60664-1		Exemples de U_c basés sur les valeurs données dans la CEI 60364-5-534			
Réseaux triphasés 4 fils, neutre à la terre	Réseau triphasé 3 ou 4 fils, non mis à la terre	U_c min. pour un parafoudre installé entre phase et PE ou PEN dans le cas de schémas TN ^a ou entre phase et neutre dans le cas de schémas TT ^a	U_c min. pour un parafoudre installé entre phase et terre ou neutre et terre dans le cas de schémas TT ^a	U_c min. pour un parafoudre installé entre phase et terre ou neutre et terre dans le cas de schémas IT	U_c min. pour un parafoudre installé entre phase et phase dans le cas de schémas TT, TN ou IT
Schémas TT et TN	Schémas IT	Cas où la régulation de tension est égale à 10 %	Cas où une valeur de $1,5 \times U_0$ a été utilisée	Cas où une valeur de $\sqrt{3} \times U_0$ a été utilisée	Cas où la régulation de tension est égale à 10 %
V	V	V	V	V	V
120/208		132	180		229
127/220	220	140	191	220	242
	230, 240			240	264
	260, 277, 347			347	382
220/380, 230/400	380, 400	253	345	400	440
240/415, 260/440	415	286	390	415	484
277/480	440, 480	305	416	480	528
^a Des valeurs supérieures peuvent être nécessaires dans certaines conditions (par exemple la perte de neutre dans le réseau TT).					

B.2 Relation entre U_p et U_c pour une varistance ZnO

Le rapport U_p/U_c est un paramètre intéressant pour caractériser un parafoudre. Ce rapport dépend du composant utilisé. Le tableau B.2 ci-dessous donne des valeurs typiques du rapport U_p/U_c pour des varistances ZnO qui varient en fonction de la taille du composant et du courant appliquée I_n .

Annex B (informative)

Examples of relationship between U_c and the nominal voltage used in some systems and example of relationship between U_p and U_c for ZnO varistor

B.1 Relationship between U_c and the nominal voltage of the system

Table B.1 – Relationship between U_c and nominal system voltage

Nominal voltage of the system according to IEC 60664-1		Examples of U_c based on values given in IEC 60364-5-534			
Three-phase, four-wire system, neutral earthed	Three-phase, three-wire or four-wire system, unearthed	U_c min. for SPD installed between phase and PE or PEN in the case of TN systems ^a or between phase and neutral in the case of TT systems ^a	U_c min. for SPD installed between phase and earth or neutral and earth in the case of TT systems ^a	U_c min. for SPD installed between phase and earth or neutral and earth in case of IT systems	U_c min. for SPD installed between phase to phase in case of TT, TN or IT systems
TT and TN systems	IT system	Case where voltage regulation is equal to 10 %	Case where a value of $1,5 \times U_0$ has been used	Case where a value of $\sqrt{3} \times U_0$ has been used	Case where voltage regulation is equal to 10 %
V	V	V	V	V	V
120/208		132	180		229
127/220	220	140	191	220	242
	230, 240			240	264
	260, 277, 347			347	382
220/380, 230/400	380, 400	253	345	400	440
240/415, 260/440	415	286	390	415	484
277/480	440, 480	305	416	480	528

^a Higher values may be needed under some conditions (for example, the loss of neutral in TT systems).

B.2 Relationship between U_p and U_c for a ZnO varistor

The ratio of U_p/U_c is an interesting parameter to characterize an SPD. This ratio depends on the component used. Table B.2 below gives typical values of the ratio U_p/U_c for ZnO varistor components which vary in function of the size of the component and of the applied current I_n .

Tableau B.2 – Relation entre U_p et U_c pour des varistances ZnO

I_n (8/20) kA	Diamètre mm	U_p/U_c pour ZnO
1	14	3,3
2,5	20	3,8
5	32	4,1
10	40	4,6
20	60	4,6

Des rapports plus bas et plus hauts peuvent être obtenus à partir d'autres technologies. Les constructeurs peuvent fournir le rapport de ses produits particuliers.

NOTE D'autres paramètres, tels que la tenue aux chocs, varient aussi avec la technologie.

Table B.2 – Relationship between U_p/U_c for ZnO varistors

I_n (8/20) kA	Diameter mm	U_p/U_c for ZnO
1	14	3,3
2,5	20	3,8
5	32	4,1
10	40	4,6
20	60	4,6

Both lower and higher ratios can be obtained from other technologies. Manufacturers may provide the ratio for their particular product.

NOTE Other parameters such as surge withstand also vary with technology.

Annexe C (informative)

Environnement – Tensions de chocs dans les réseaux BT

NOTE 1 L'EMP (l'impulsion électromagnétique nucléaire) n'est pas prise en compte dans cette norme et réclame une attention particulière.

NOTE 2 Les tensions de choc considérées dans cette norme sont celles dépassant deux fois la tension d'utilisation (deux par unité ou deux p.u.) et ayant une durée comprise entre une fraction de microseconde et une milliseconde. Les surtensions inférieures à deux par unité ne sont pas considérées ici, ni les transitoires de plus longue durée résultant du fonctionnement du matériel de puissance et de modes de défauts. Parce que de telles tensions de faible amplitude et de longue durée ne sont pas sujettes à la suppression par des dispositifs de protection surtension conventionnels, ils nécessitent des techniques de protection différentes de celles exposées dans cette norme.

NOTE 3 Le texte qui suit est un résumé de la future CEI 62066 qui sera publié ultérieurement sous forme de rapport technique. Pour l'instant, son but est d'informer. Quand cette norme sera publiée, une référence directe sera faite. En particulier, des schémas seront ajoutés.

Les surtensions apparaissent dans les réseaux à basse tension comme la résultante de trois types d'événements:

- un phénomène naturel tel qu'un impact de foudre direct sur l'installation ou induction de surtensions par impact sur d'autres objets;
- des actions intentionnelles sur l'installation telles que interruption en charge ou condensateur dans les réseaux de transmission ou de distribution par le service responsable ou dans le réseau basse tension par des opérations d'utilisateurs;
- des événements non intentionnels tels que défauts de l'alimentation et leur élimination ou couplage entre différents réseaux tels que des interactions entre alimentations et réseaux de signalisation/communication.

C.1 Surtensions de foudre

La foudre est un phénomène inévitable qui affecte les réseaux de basse tension (alimentations aussi bien que réseaux de signalisation/communication) à travers plusieurs mécanismes. L'interaction évidente est un impact direct sur le réseau, mais d'autres mécanismes de couplage peuvent aussi créer des surtensions dans les réseaux. Trois types de mécanismes de couplage seront analysés susceptibles de produire des surtensions dans les réseaux basse tension. Tout en se référant aux «surtensions», il faudra considérer que le courant associé aux surtensions, ou le courant qui est initialement à l'origine de la surtension est un aspect important concernant ce sujet. Les trois types sont les suivants.

- a) Le coup de foudre direct sur l'alimentation qui peut se produire au primaire du transformateur de distribution MT/BT, sur le réseau de distribution BT (aérien ou souterrain) et sur les différents services des bâtiments individuels.
- b) Coup de foudre indirect sur des objets à proximité qui peut produire des surtensions dans le système de distribution BT par couplage inductif ou par couplage commun. Si les surtensions et courants de foudre résultant de ces impacts peuvent être moins sévères que ceux associés à un coup de foudre direct, leur fréquence est beaucoup plus élevée.

Annex C (informative)

Environment – Surge voltages in LV systems

NOTE 1 NEMP (nuclear electromagnetic pulse) is not taken into account in this standard and may require special attention.

NOTE 2 The surge voltages considered in this standard are those exceeding twice the peak operating voltage (two per unit or 2 p.u.) and having a duration ranging from a fraction of a microsecond to a millisecond. Overvoltages of less than two per unit are not considered here, nor are transients of longer duration resulting from power equipment operation and failure modes. Because such low-amplitude and long-duration surges are generally not amenable to suppression by conventional surge protective devices, they require different protection techniques from those discussed in this standard.

NOTE 3 The following text is a summary of the future IEC 62066 which will be published later as a technical report. The purpose is to give information for the time being. When this standard is published, direct reference to it will be made. In particular, drawings will be added.

Surge overvoltages occur in low-voltage systems as the result of three types of event:

- natural phenomena such as lightning which can strike the power system directly or induce overvoltages by striking other objects nearby;
- intentional actions on the power system, such as load or capacitor switching in the transmission or distribution systems by the utility, or in the low-voltage system by end-user operations;
- unintentional events such as power system faults and their elimination, or coupling between different systems such as interactions between power systems and signal/communication systems.

C.1 Lightning overvoltages

Lightning is an unavoidable event, which will affect low-voltage systems (power systems as well as signal/communication systems) through several mechanisms. The obvious interaction is a direct flash on the system, but other coupling mechanisms can also result in a system overvoltage. Three types of coupling mechanisms will be discussed that can produce overvoltages in low-voltage systems. While this discussion makes reference to "overvoltages", consideration of the current associated with the overvoltage, or the current initially causing the overvoltage is an important aspect of the subject. The three type categories are as follows.

- a) Direct flashes to the power system, which can occur on the primary side of the MV/LV distribution transformer, on the LV distribution system (overhead as well as buried), and on the service drop to individual buildings.
- b) Indirect flashes: flashes to nearby objects, which can produce overvoltages in the LV distribution system by inductive coupling or by common-path coupling. While the overvoltages and surge currents resulting from such flashes might be less severe than those associated with a direct flash, their frequency of occurrence is much greater.

- c) Les impacts directs sur les systèmes de protection contre la foudre ou sur des éléments extérieurs des bâtiments (structure en acier, composants non électriques tels que canalisations d'eau, chauffage et climatisation, puits d'ascenseurs, etc.). Ces impacts ont deux sortes d'essai: un couplage inductif venant de courants de foudre conduits par des éléments extérieurs et l'injection de courant de foudre du bâtiment dans l'installation BT rendant nécessaire la mise en œuvre de parafoudres entre les conducteurs BT et la terre locale ou la liaison équipotentielle ainsi appelée de l'installation. Pour un impact donné, la sévérité de la surtension apparaissant dans l'installation de l'utilisateur correspond aux caractéristiques du cheminement du couplage telles que la distance et la nature du réseau entre le point d'impact et l'installation de l'utilisateur, les mises à la terre et l'impédance de mise à la terre, la présence de parafoudres le long du cheminement et le branchement hors du système de distribution.

C.1.1 Coups de foudre transmis par le réseau HT

A l'étude.

C.1.2 Surtensions dues à des coups de foudre directs sur les réseaux de distribution BT

L'impédance réelle du canal de foudre est élevée et, de ce fait, le courant de foudre peut être pratiquement considéré comme une source de courant idéale. Les surtensions produites sont donc déterminées par l'impédance réelle momentanée vue par le courant de foudre.

Pour un impact sur le réseau, les tensions sont en premier lieu déterminées par l'impédance caractéristique (impédance de choc) du réseau. Le courant (I) est initialement divisé en deux parties et les chocs de tension (U) générés sont:

$$U = Z \times I/2$$

où

U est la tension de choc;

Z est l'impédance de choc du réseau;

I est le courant de choc.

Si un courant modéré de 10 kA et une impédance de choc de 400 Ω sont estimés, on remarque que la tension de choc prévisible est de 2 000 kV. Sur un réseau basse tension, des amorçages apparaissent d'habitude entre tous les conducteurs du réseau et, dans la plupart des cas, aussi avec la terre. Après amorçage, l'impédance réelle est réduite, particulièrement en fonction des prises de terre intéressées. Cependant, même pour une impédance réelle plutôt faible, par exemple 10 Ω , la tension sera de 100 kV sur le réseau pour un exemple de courant de foudre présumé de 10 kA.

Pour un réseau combiné aérien/souterrain, les surtensions seront quelque peu réduites en raison d'une impédance de choc plus faible des câbles comparée aux réseaux aériens. La quantité de réduction dépend de la durée du courant et de la capacité totale vis-à-vis de la terre du réseau. Toutefois, cette réduction n'est d'habitude pas suffisante pour éviter des surtensions excédant des niveaux normaux d'isolement dans des réseaux basse tension. De ce fait, des coups de foudres directs devront généralement être considérés comme susceptibles de causer des dommages dans de tels réseaux.

- c) Direct flashes to the lightning protection system or to extraneous parts of the end-user building (structural steel, non-electrical components such as water lines, heating and air conditioning ducts, elevator shafts, etc.). Such flashes will have two kinds of effects: inductive coupling from the lightning currents carried by the extraneous parts, and injection of lightning current from the building into the LV system made unavoidable by the necessary provision of SPDs between the LV system conductors and local earth, or the so-called equipotential bonding of the installation. For a given flash, the severity of the overvoltage appearing at the end-user facility will reflect the characteristics of the coupling path such as distance and nature of the system between the point of flash and the end-user facility, earthing practices and earth connection impedance, presence of SPDs along the path, and branching out of the distribution system.

C.1.1 Lightning surges transferred from HV systems

Under consideration.

C.1.2 Overvoltages caused by direct flashes to LV distribution systems

The effective impedance of the lightning channel is high and, accordingly, the lightning current can practically be considered as an ideal current source. The produced overvoltages are therefore determined by the momentary effective impedance that is seen by the lightning current.

For a flash to a line, the voltages are in the first moments determined by the characteristic impedance (surge impedance) of the line. The current (I) is initially divided in two parts and the voltage surges (U) generated are:

$$U = Z \times I/2$$

where

U is the surge voltage;

Z is the surge impedance of the line;

I is the surge current.

If a moderate current of 10 kA and a surge impedance of 400 Ω are assumed, it is seen that the prospective voltage surge is 2 000 kV. On a low-voltage line, therefore, flashovers will usually occur between all line conductors and in most cases also to earth. After flashover, the effective impedance is reduced by an amount that depends on the earthing resistances involved. However, even for a rather low effective impedance as for instance 10 Ω , the voltage will be 100 kV on the line for the 10 kA lightning current assumed for the example.

In a combined overhead line/cable system, the overvoltages will be somewhat reduced due to the lower surge impedance of cables compared to overhead lines. The amount of reduction depends on the current duration and on the total capacitance to earth of the system. However, usually this reduction is not sufficient to avoid overvoltages exceeding normal insulation levels in low-voltage systems. Accordingly, direct flashes should also generally be expected to cause damage in such systems.

C.1.3 Surtensions induites dans les réseaux de distribution BT

En raison des variations du champ électromagnétique lors d'un coup de foudre, des surtensions sont induites dans des lignes aériennes, quel que soit leur type, à une distance considérable de l'impact. Une approximation grossière des surtensions (U) susceptibles de se produire sur le réseau peuvent être estimée par l'équation suivante:

$$U = 30 \times k \times (h/d) \times I$$

où

I est le courant de foudre;

h est la hauteur des conducteurs au-dessus du sol;

k est un facteur fonction de la rapidité de l'impact de retour du canal de foudre;

d est la distance depuis le point d'impact.

La variation du paramètre k est faible (1,0 à 1,3).

Pour un courant de foudre moyen de 30 kA et pour un réseau situé à 5 m au-dessus du sol, la tension dépassera 5 kV pour des impacts d'une distance de 1 km. Un courant de 100 kA produira une tension prospective de 1,8 kV même à une distance de 10 km dans un tel cas.

C.1.4 Surtensions causées par des impacts sur des paratonnerres

A l'étude.

C.2 Surtensions de manœuvre

Ces contraintes en terme de courant, de tension et de durée, sont ordinairement plus faibles que les coups de foudre. Cependant, dans quelques cas, particulièrement profondément à l'intérieur d'une structure ou à proximité de surtensions de manœuvre, les défauts de manœuvre sont plus élevés que ceux provoqués par la foudre. Il est nécessaire de connaître l'énergie de ces chocs de manœuvre pour choisir les parafoudres appropriés. La durée dans le temps des chocs de manœuvre, incluant des transitoires dus à des défauts et des fonctionnements de fusible, peut être beaucoup plus longue que la durée du coup de foudre.

Généralement, une surtension de manœuvre, défaut, interruption, etc. dans une installation électrique est suivie par un phénomène transitoire susceptible d'induire des surtensions. La variation soudaine dans un réseau peut induire des oscillations amorties à haute fréquence (déterminées par des fréquences de résonance du réseau) jusqu'à retour de l'équilibre du réseau.

L'amplitude des surtensions de manœuvre dépend de nombreux paramètres, par exemple le type du circuit, le type de manœuvre (fermeture, ouverture, nouveau coup de foudre, etc.) les charges, le disjoncteur ou le fusible.

Les fréquences des oscillations lors des manœuvres sont déterminées par les caractéristiques du réseau et un phénomène de résonance peut apparaître de temps en temps. Dans de tels cas, des surtensions très élevées peuvent se produire. La probabilité de résonance avec les harmoniques de la fréquence de distribution du réseau est généralement faible. Si la fréquence caractéristique d'une partie commutée d'un réseau est à proximité d'une ou de plusieurs fréquences de résonance, alors aussi une résonance transitoire peut se produire.

C.1.3 Induced overvoltages in LV distribution systems

Due to the electromagnetic field changes during a lightning flash, surges are induced in overhead lines of all kinds even at a considerable distance from the flash. As a crude approximation the prospective overvoltages (U) on the line can be estimated from this expression:

$$U = 30 \times k \times (h/d) \times I$$

where

I is the lightning current;

h is the height of the conductors above ground;

k is factor depending on the velocity of the return stroke in the lightning channel;

d is the distance from the flash.

The variation of the parameter k is small (1,0 to 1,3).

For a median lightning current of 30 kA and for a line with a height above ground equal to 5 m, the voltage will exceed 5 kV for flashes within a distance of 1 km. A current of 100 kA will produce a prospective voltage of 1,8 kV even at a distance of 10 km in such a case.

C.1.4 Overvoltages caused by flashes to lightning protection systems

Under consideration.

C.2 Switching overvoltages

These stresses, in terms of current, voltage and duration, are usually lower than the lightning stresses. However, in some cases, particularly deep inside a structure or close to switching overvoltage sources, the switching stresses could be higher than those stresses caused by lightning. It is necessary to know the energy of these switching surges to allow the choice of the appropriate SPDs. The time duration of the switching surges, including transients due to faults and fuse operations, can be much longer than the lightning surge duration.

Generally, any switching operation, fault initiation, interruption, etc., in an electrical installation is followed by a transient phenomenon in which overvoltages can occur. The sudden change in the system can initiate damped oscillations with high frequencies (determined by the resonant frequencies of the network), until the system is again stabilized to its new steady state.

The magnitude of the switching overvoltages depends on many parameters, for instance the type of circuit, the kind of switching operation (closing, opening, restriking), the loads, the circuit-breaker or fuse.

The frequencies of the oscillations during switching operations are determined by the system characteristics, and from time to time resonance phenomena can occur. In such cases, very high overvoltages can be initiated. The probability of resonance with harmonics of the power frequency of the system is usually low. However, if the characteristic frequency of a switched part of a system is close to one or more resonant frequencies of the rest of the system, a state of transient resonance may occur.

C.2.1 Description générale

La forme typique de surtensions de manœuvre est constituée par la réponse de l'installation basse tension. Ceci résulte, dans la plupart des cas, en une onde en boucle. La fréquence est de l'ordre de quelques centaines de kilohertz par microseconde. Le taux maximal de l'onde est généralement de l'ordre de quelques kilovolts par microseconde. La durée des chocs se fait sur une plus grande période de temps. Si des surtensions de manœuvre dues à un fonctionnement de fusible sont exclues, la durée totale typique (temps à mi-valeur) est de 1 μ s à 50 μ s. Une estimation statistique montre que l'amplitude et la probabilité d'apparition des chocs d'assez longue durée (supérieure à 100 μ s) sont faibles.

C.2.2 Manœuvres de disjoncteurs et d'interrupteurs

Les disjoncteurs et interrupteurs sont largement utilisés dans chaque installation soit pour la protection des matériels électriques contre les surcharges ou les courts-circuits, soit pour la commande de matériels par ouverture et fermeture. La fréquence de manœuvre dépend du champ d'application avec des taux élevés dans les sites industriels et des taux relativement faibles pour des applications domestiques.

Les courants de manœuvre, en cas de charges ohmiques, sont du même ordre que les courants assignés des matériels. Toutefois, pour des matériels à alimentation automatique, les courants de manœuvre sont beaucoup plus élevés que le courant assigné. Par exemple, pour un récepteur de télévision de 100 W, le courant assigné est de 0,4 A tandis que le courant de mise en fonction est approximativement de 20 A, soit 50 fois plus élevé.

L'appareillage mécanique déclenché soit manuellement, soit par fonctionnement électromécanique produit un arc électrique pendant chaque manœuvre. Une oscillation à haute fréquence est générée par la variation soudaine de tension associée aux inductances et capacités de l'environnement de l'interrupteur. Cette oscillation est surimposée entre conducteurs de phase et entre conducteur de phase et terre, et la tension totale contraint l'isolation des matériels électriques à des éléments conducteurs exposés et à d'autres circuits. Contrairement aux surtensions transitoires transmises par le réseau de distribution publique vers l'installation de l'utilisateur, les transitoires de manœuvre induits à l'intérieur de l'installation de l'utilisateur par des disjoncteurs et des interrupteurs s'appliquent sur les matériels électriques sans atténuation significative, et de ce fait l'amplitude de ces transitoires est relativement élevée.

C.2.2.1 Manœuvres de disjoncteurs et d'interrupteurs dans les installations d'utilisateur

Généralement, des amplitudes plus élevées sont générées en fermant le dispositif plutôt qu'en l'ouvrant. Pendant la fermeture, la surtension de manœuvre sur la charge a une amplitude et une énergie plus élevées que sur le côté de l'installation. Cependant, ceci est principalement un problème lié à la conception de ce type de matériels, particulièrement pour ce qui est de son isolation. Si d'autres matériels sont connectés en parallèle, ils seront aussi soumis aux contraintes. La surtension côté installation a une plus grande importance pour toute l'installation et les matériels qui lui sont connectés que pour le côté installation.

C.2.2.2 Manœuvres de disjoncteurs et d'interrupteurs dans le réseau de distribution (HT et BT)

Les surtensions transitoires contraignant les matériels électriques peuvent être observées dans chaque réseau de distribution. Dans les réseaux souterrains, presque tous les transitoires sont générés par un appareillage électromécanique de sources similaires.

Dans les installations à haute et basse tension, la manœuvre d'inductances telles que transformateurs, bobines d'inductance, contacteurs de bobines et relais installés en parallèle avec la source d'alimentation peut causer des surtensions de manœuvre avec des amplitudes pouvant atteindre plusieurs kilovolts. Le même phénomène existe dans le cas de manœuvre d'inductances longitudinales telles que boucles de conducteurs et impédances longitudinales de bobines, ou même par ouverture de l'alimentation associée aux inductances de câblage.

C.2.1 General description

The typical shape of switching surges is determined by the response of the low-voltage installation. This results in most cases in a ringing wave. The frequency will normally be in the order of several hundred kilohertz per microsecond. The maximum rate of rise is usually in the order of some kilovolts per microsecond. The duration of the surges is distributed over a much wider time range. If switching overvoltages caused by operation of fuses are excluded, the typical duration (time to half-value) is from 1 μ s to 50 μ s. A statistical evaluation shows that both the amplitude and the probability of occurrence of surges with a longer duration (greater than 100 μ s) is low.

C.2.2 Circuit-breaker and switch operations

Circuit-breakers and switches are widely used in every installation either for protecting electrical equipment by switching off in the case of overload or short circuit, or for controlling the operation of equipment by switching on and off. The rate of occurrence of switching operations depends on the field of application with higher rates in the industrial environment and relatively lower rates in the domestic range.

The switched currents in case of ohmic loads are in the range of the rated current of the equipment. However, for equipment with switched-mode power supplies, the switched currents are much higher than the rated current. For instance, in the case of a 100 W television set, the rated current is 0,4 A whereas the inrush current is approximately 20 A, which is 50 times higher.

Mechanical switchgear being released either manually or by an electromechanical operation produces an electric arc during each switching process. A high-frequency oscillation is generated by the sudden voltage change interacting with the inductances and capacitances in the environment of the switch. This oscillation is superimposed on the voltage between the line conductors and between a line conductor and earth, and the total voltage stresses the insulation of electrical equipment to exposed conductive parts and to other circuits. In contrast to transient overvoltages transmitted via the public distribution network into the customer's installation, the switching transients generated within the customer's installation by circuit breakers and switches affect the electrical equipment without significant attenuation, so the amplitude of these transients is relatively high.

C.2.2.1 Circuit-breaker and switch operations in the customer's premises

Usually higher amplitudes are generated by switching equipment off compared to switching on. During switching-off, the switching surge on the load side has a higher amplitude and energy than on the line side. However, this is mainly a problem with respect to the design of this kind of equipment, especially for its insulation. If other equipment is connected in parallel, it will also be stressed. The overvoltage on the line side is of greater importance for the whole system and for the equipment connected to it than for the load side.

C.2.2.2 Circuit-breaker and switch operations in the supply system (LV and HV)

Transient overvoltages stressing the electrical equipment can be observed in every supply system. In underground supply systems, nearly all transients are generated by electro-mechanical switchgear of similar sources.

In high-voltage and low-voltage installations, the switching of inductances such as transformers, impedance coils, contactor coils and relays installed in parallel with the supply source can cause switching overvoltages with amplitudes reaching several kilovolts. The same phenomenon exists where longitudinal inductances such as conductor loops and longitudinal impedance coils, or even the supply system itself is switched off, because of the self-inductance of the wiring.

Côté alimentation, les surtensions de manœuvre peuvent être aussi dues au fonctionnement de commandes à portes, aux arcs de frottement de moteurs à contacts glissants, aux pertes soudaines de charges brutales de machines électriques ou de transformateurs et au fonctionnement de batteries de capacités pour la correction du facteur de puissance.

La fréquence et l'énergie de surtensions de ce type peuvent, dans de rares occasions, être nettement plus élevées que celles d'origine atmosphérique quand on considère leur influence sur les installations à basse tension.

Les surtensions transitoires de manœuvre dues à une alimentation de basse tension peuvent atteindre des amplitudes de plusieurs kilovolts, bien qu'on assume que les valeurs maximales soient limitées par certaines conditions lors de manœuvres sur le réseau basse tension. Pour ces réseaux où sont mis en œuvre des dispositifs de protection contre les surtensions, on peut s'attendre à ce qu'une amplitude maximale de 6 kV ne soit pas dépassée dans l'installation basse tension de l'utilisateur.

Un autre phénomène comparable aux surtensions de manœuvre est l'apparition de courts-circuits et de défauts de terre dans le réseau de distribution haute tension. Les défauts de terre peuvent induire une surtension phase-terre dans les conducteurs non en défaut, d'une valeur de la tension composée. De plus, dans de tels cas, des surtensions transitoires peuvent se produire. De tels transitoires sont transmis depuis le réseau haute tension vers le réseau basse tension.

C.2.3 Fonctionnements des fusibles (fusibles à courant limité)

Les fusibles sont largement utilisés dans les réseaux de distribution et les installations électriques ainsi que pour la protection contre les surintensités et l'interruption de courts-circuits. Si un fusible fonctionne, par exemple dans un réseau de distribution pour court-circuit, ce fonctionnement créera une surtension de forme grossièrement triangulaire et de fréquence relativement faible. La surtension apparaît entre les conducteurs du réseau mais aussi entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection, en raison de la mise à la terre du neutre ou, en cas de schéma IT, en raison de la capacité entre réseau et terre. Ainsi, cette surtension contraint aussi l'isolation des masses et autres circuits. Bien sûr, ceci arrive très rarement par rapport aux surtensions induites par des courants d'opération de manœuvre. Cette surtension est aussi transmise par le jeu de barres aux autres matériels alimentés par le même réseau de distribution.

Par comparaison avec les autres surtensions de manœuvre, l'apparition de surtensions dues au fonctionnement de fusibles est d'occurrence plus faible. Toutefois, en cas d'interruption due à un court-circuit, des surtensions très élevées peuvent se produire. Ceci est essentiellement influencé par le taux de montée du courant de court-circuit, les caractéristiques du fusible, son courant assigné et l'inductance du circuit.

L'interruption d'un court-circuit dans une artère d'un réseau de distribution par un fusible proche du jeu de barres est un sujet important car la surtension générée par la fusion du fusible affecte tous les autres matériels utilisant ce courant, alimentés par le même jeu de barres. L'expérience fondée sur des statistiques a montré qu'un tel défaut est très rare sur les réseaux de distribution publique. Toutefois, ce type de défaut est d'importance plus grande dans les réseaux de distribution industriels où l'apparition d'un court-circuit n'est pas rare.

C.3 Surtension transitoire due à des défauts

A l'étude.

On the supply side, switching overvoltages can also be caused by the operation of gating controls, by brush arcing of slip ring motors, by sudden load decrease of electrical machinery or transformers and by operational switching of capacitor units used for power-factor correction.

The frequency and energy of such overvoltages could in some rare cases be considerably higher than those of atmospheric origin as far as the effects on low-voltage installations are concerned.

Transient overvoltages due to switching in the low-voltage supply can reach amplitudes of several kilovolts, though it may be assumed that the maximum values are limited due to certain conditions when operating the low-voltage supply network. In those supply systems where overvoltage control by protective devices is installed, it can be expected that a maximum amplitude of 6 kV is generally not exceeded within the low-voltage customer's installation.

Another phenomenon comparable to switching overvoltages is the occurrence of short circuits and earth faults in the high-voltage supply. Earth faults can cause a line-to-earth overvoltage in the fault-free line conductors, in the range of the line-to-line voltage. Furthermore, in such cases transient overvoltages can also occur. Such transients are transmitted from the high-voltage to the low-voltage supply.

C.2.3 Fuse operations (current-limiting fuses)

Fuses are widely used in distribution systems and in electrical installations for protection against overcurrent and for interruption of short circuits. If a fuse operates, for example, in a distribution system to clear a short circuit, this operation creates an overvoltage which has an approximately triangular wave shape and is a phenomenon of relatively low frequency. The overvoltage occurs between the line conductors of the system, and also between line conductor and protective earth conductor, due to the earthed neutral conductor or, in case of an IT-system, due to the earth capacitances. Thus, this overvoltage also stresses the insulation with respect to the exposed conductive parts and to other circuits. Of course, it occurs infrequently compared with overvoltages caused by switching of operating currents. This overvoltage is also transmitted via the busbar to other current-using equipment supplied from the same distribution system.

Compared to other surges caused by operational switching, the occurrence of surges due to fuse operation is less frequent. However, in the case of interruption of a short circuit, very severe overvoltage surges can be generated. This is mainly influenced by the rate of rise of the short-circuit current, the characteristic of the fuse and its current rating, and the inductance of the circuit.

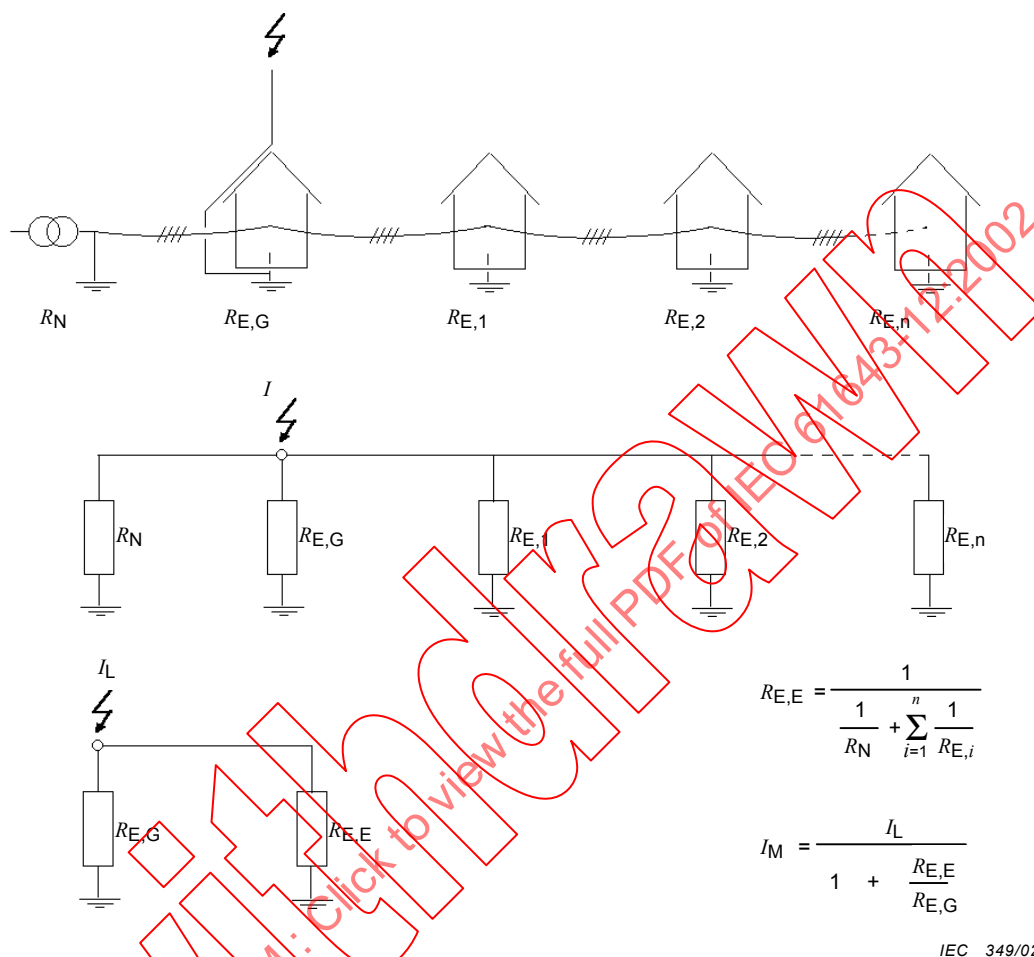
Clearing of a short circuit in a feeder of a distribution system by a fuse installed near the busbar is a relevant matter because the overvoltage generated by the switching of the fuse affects all other current-using equipment connected to the same busbar. Experience based on statistics has shown that in the public low-voltage supply, such a fault occurs very rarely. However, this kind of a fault has some relevance when industrial distribution systems are considered, where the occurrence of a short circuit is not such a rare event.

C.3 Transient overvoltage due to faults

Under consideration.

Annexe D (informative)

Calculs de courants de foudre partiels



Légende

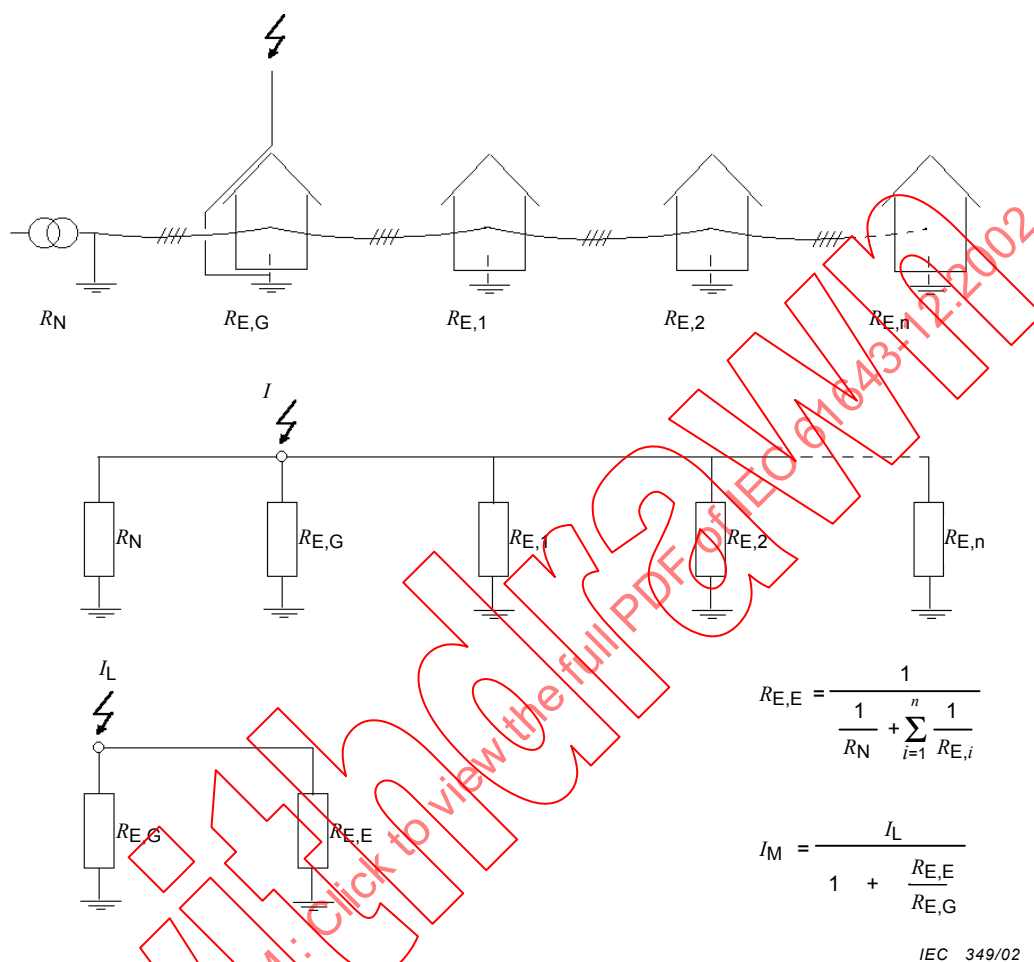
- R_N Résistance de mise à la terre du neutre
- $R_{E,G}$ Résistance de mise à la terre du bâtiment impacté
- $R_{E,i}$ Résistance de la mise à la terre du bâtiment n° i
- $R_{E,E}$ Résistance totale de toutes les mises à la terre sauf celles du bâtiment impacté
- I_L Courant de foudre frappant le bâtiment impacté
- I_M Courant circulant dans le réseau

NOTE Pour ce calcul, il convient que la résistance de mise à la terre du bâtiment proche $R_{E,E}$ terre-neutre, soit égale ou inférieure à la résistance du réseau de mise à terre $R_{E,G}$ du bâtiment impacté.

Figure D.1 – Calcul simple de la somme des courants de foudre partiels dans un réseau de distribution d'énergie

Annex D (informative)

Partial lightning current calculations



Key

- R_N Resistance of neutral earthing
 $R_{E,G}$ Resistance of the earthing of the building struck
 $R_{E,i}$ Resistance of building No. i earthing
 $R_{E,E}$ Total resistance of all earthing except the earthing of the building struck
 I_L Lightning current striking the building struck
 I_M Current flowing in the mains

NOTE For this calculation, the resistance of the earthing system of the neighbouring building $R_{E,E}$ should be equal to, or lower than the resistance of the earthing system $R_{E,G}$ of the building struck.

**Figure D.1 – Simple calculation of the sum of partial lightning currents
into the power distribution system**

Annexe E (informative)

Surtension temporaire – Surtension en basse tension due à des défauts entre réseaux haute tension et terre

E.1 Généralités

En cas de défaut de haute tension en amont d'un transformateur HT/BT (dû soit à un défaut interne, soit à un amorçage d'un éclateur, voir note ci-après), un courant I_m s'écoule dans la prise de terre de résistance R du transformateur. En fonction de la connexion entre cette résistance terre et le réseau basse tension, une haute tension $U_{TOV,HT}$ peut contraindre le réseau basse tension pendant une durée égale au temps d'élimination du défaut dans le réseau HT (de 10 ms à plusieurs heures).

NOTE Les surtensions temporaires sur le côté BT du transformateur peuvent être dues à :

- une perte d'isolation HT/BT due à une élévation excessive des masses en potentiel des masses HT exposées;
- un contact direct entre HT et BT résultant d'un défaut interne du transformateur HT/BT ou à une chute d'un conducteur HT sur des lignes BT;
- un couplage entre les prises de terre résultant en une surtension du neutre BT et, par conséquent, sur les conducteurs BT, même sur la connexion terre de l'utilisateur ou dans les réseaux de communication situés à proximité.

Pour une explication plus détaillée sur ces surtensions temporaires, voir CEI 60364-4-44. Dans ce cas, un parafoudre connecté entre les conducteurs actifs et la terre peut subir des contraintes excessives et peut ne pas être capable de résister à ces contraintes. L'exemple suivant d'un schéma TT illustre ce cas. Ceci peut aussi se produire dans les schémas TN ou IT (voir les autres exemples).

Annex E (informative)

TOV in the low-voltage system due to faults between high-voltage systems and earth

E.1 General

In the case of a failure on the high-voltage side of the HV/LV transformer (for example, an internal failure of the transformer or a sparkover of a spark gap, see the following note) a current I_m flows through the earthing resistance R of the transformer. Depending on the connection between this earth resistance and the low-voltage network a high $U_{TOV,HV}$ can stress the low-voltage network for a period equal to the clearing time of the fault in the HV network (some 10 ms up to hours).

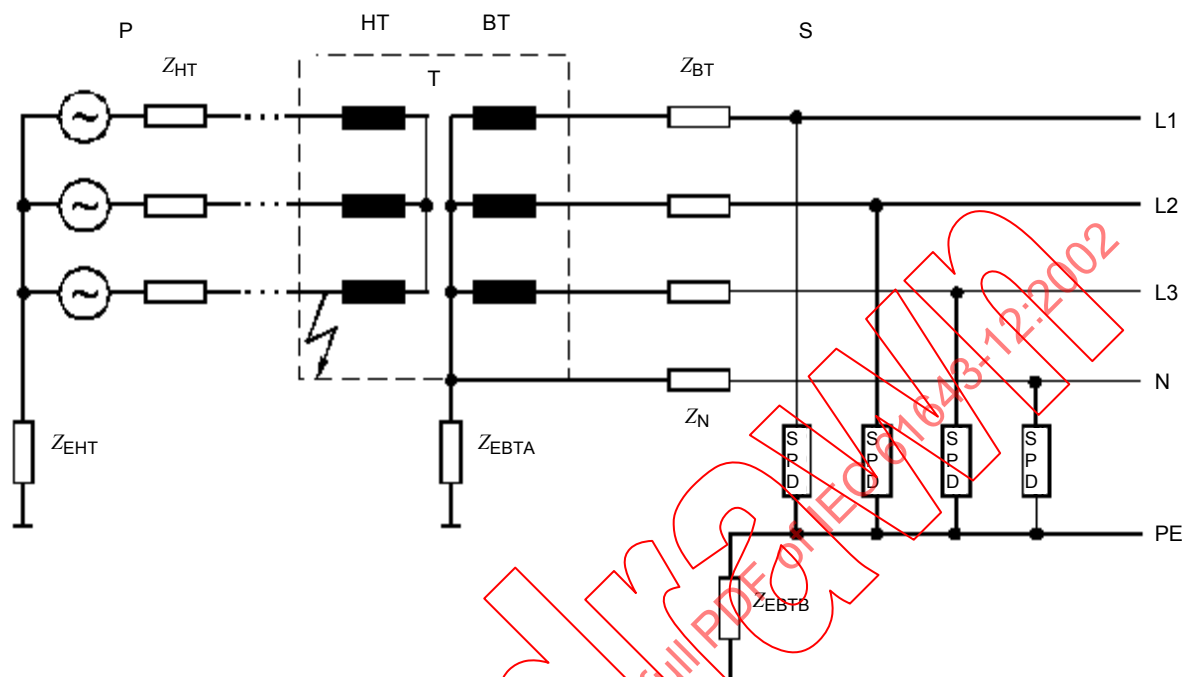
NOTE The temporary overvoltages on the LV side of the transformer may be the result of:

- a loss of insulation between HV and LV as a result of an excessively high rise in potential of the HV exposed conductive parts;
- a direct contact between HV and LV following an internal fault of the HV/LV transformer or a drop of an HV conductor onto the LV lines;
- a coupling between earth connections resulting in an overvoltage on the LV neutral point and consequently, the LV conductors and even on the customer's earth connection of the nearby telecommunication system.

For a more detailed discussion of this potential temporary overvoltage condition see IEC 60364-4-44. In such a case an SPD connected between active conductors and earth could be overstressed and may not be able to withstand this stress. The following example of a TT system clarifies this. This can also occur in TN or IT systems (see the other following examples).

E.2 Exemple d'un schéma TT – Calcul de surtensions temporaires possibles

E.2.1 Contraintes permises sur des matériels dans des installations basse tension dues à des défauts dans le réseau haute tension



Légende

- P Réseau HT
- S Réseau BT
- T Transformateur

Figure E.1 – Surtension temporaire de fréquence industrielle due à un défaut de terre du réseau haute tension

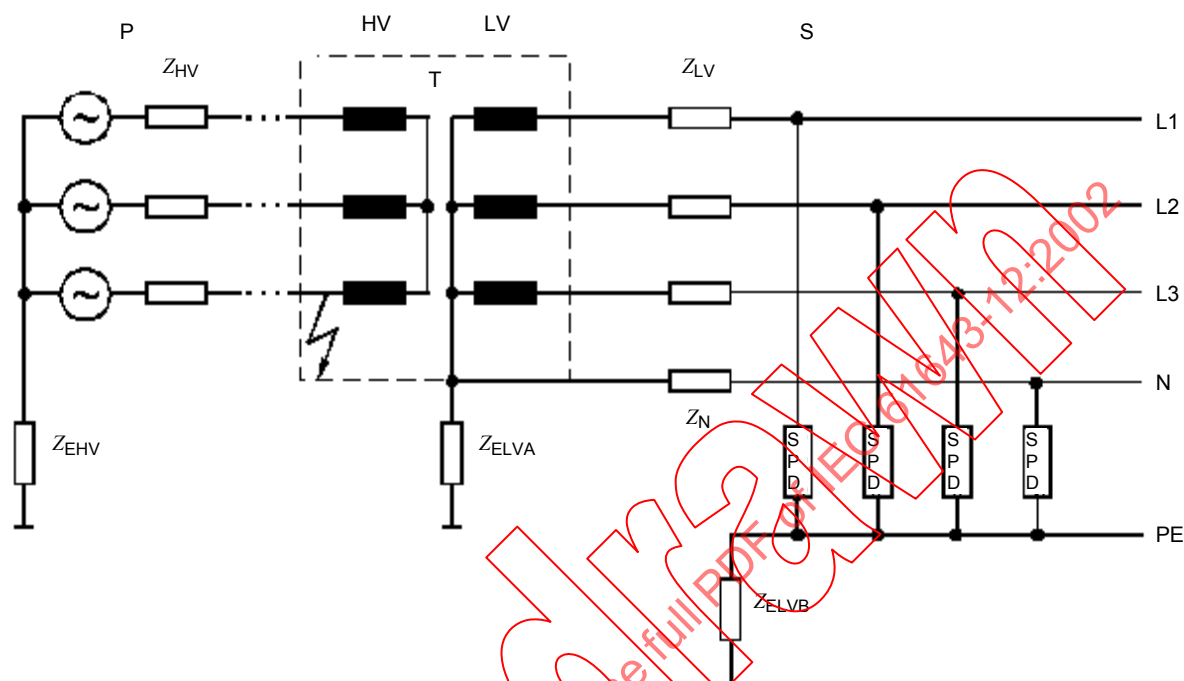
Définition des impédances

- Z_{EHT} Impédance de la prise de terre du réseau haute tension (fonction du régime de point étoile du réseau haute tension)
- Z_{EBT} Impédance de la prise à la terre du réseau basse tension (somme de Z_{EBTA} et de Z_{EBTB})
- Z_{BT}, Z_N Impédance de la ligne et du conducteur de neutre

Un défaut de terre dans le réseau HT influence les tensions du réseau BT si le point étoile du transformateur côté basse tension est mis à la terre (figure E.1). De même, dans le cas d'une mise à la terre non commune des points étoile des deux transformateurs, un défaut (défaillance du transformateur, amorçage d'un éclateur ou défaut interne du transformateur) induit une élévation de tension du réseau basse tension au point étoile. Le courant à la terre du réseau haute tension s'écoulant dans l'impédance Z_{EBTA} explique l'élévation de tension au point étoile du transformateur. C'est pourquoi la valeur de Z_{EBTA} et la valeur du courant à la terre déterminent la valeur de la surtension temporaire dans le réseau basse tension.

E.2 Example of a TT system – Calculation of the possible temporary overvoltages

E.2.1 Possible stresses on equipment in low-voltage installations due to earth faults in a high-voltage system



IEC 350/02

Key

- P HV system
- S LV system
- T Transformer

Figure E.1 – Temporary power-frequency overvoltage caused by an earth fault in the high-voltage system

Definition of impedances

- Z_{EHV} Impedance of the earthing arrangement of the high-voltage system (depending on treatment of the star point in high-voltage system)
- Z_{ELV} Impedance of the earthing arrangement of the low-voltage system (sum of Z_{ELVA} and Z_{ELVB})
- Z_{LV}, Z_N Line-impedance and impedance of the neutral conductor

An earth fault in the HV-system influences voltages in the LV-system if the star point of the transformer on the low-voltage side is earthed (figure E.1). Also, in the case where a common earth conductor of both transformer star points does not exist, an earth fault (breakdown of a transformer bushing spark gap or a fault inside the transformer) causes a voltage rise of the LV-system star point. The earth current of the HV-system flowing through the impedance Z_{ELVA} is the reason for that voltage rise at the starpoint of the transformer. Therefore, the value of Z_{ELVA} and the value of the earth current determines the value of the temporary power-frequency overvoltage in the LV-system.

E.2.2 Caractéristiques du réseau haute tension

E.2.2.1 Réseaux haute tension avec courant à la terre limité

En réalisant la mise à la terre du réseau haute tension par une bobine de Petersen, le courant à la terre est limité à $I_{\text{terre}} = 50 \text{ A}$ à 60 A afin d'assurer l'auto-extinction de l'arc.

L'impédance résiduelle de terre du réseau haute tension est donc $Z_{\text{EHT}} = 100 \Omega$ à 500Ω et le courant à la terre est seulement déterminé par Z_{EHT} . La puissance du court-circuit et l'impédance à la terre $Z_{\text{BT A}}$ et $Z_{\text{BT B}}$ n'ont pas d'influence.

E.2.2.2 Réseaux haute tension avec mise à la terre par faible résistance ohmique

Pour les réseaux complètement souterrains, l'alimentation du courant de terre n'est plus une opportunité d'auto-extinction du courant de terre (un défaut d'isolement dans le câble endommage l'isolation). Pour cette raison, un nombre croissant de réseaux haute tension fonctionnent avec mise à la terre du neutre par faible résistance ohmique. En général, la résistance à la terre Z_{EHT} doit limiter le court-circuit à la terre $I_{\text{terre}} \approx 2 \text{ kA}$.

Pour un réseau haute tension de tension nominale $U_n = 20 \text{ kV}$, une résistance à la terre $Z_{\text{EHT}} \approx 5 \Omega$ satisfait à cette prescription. Des petits postes de transformateurs ont souvent une protection non onéreuse contre les surintensités. C'est pourquoi les fusibles sont utilisés pour interrompre les courants de court-circuit. La durée d'interruption est de l'ordre de 100 ms en fonction du courant assigné du fusible.

E.2.3 Surtensions temporaires TOV dans un réseau BT dû à des défauts du réseau HT

E.2.3.1 Réseau haute tension avec courant à la terre limité

Dans les réseaux basse tension alimentés par des réseaux haute tension avec courant à la terre limité, l'impédance de la prise de terre doit être $Z_{\text{EBTA}} = 2,5 \Omega$ à 5Ω . Avec un courant à la terre $I_{\text{terre}} = 50 \text{ A}$, la tension entre neutre et terre s'élève à $U_{\text{TOV, HT}} = 125 \text{ V}$ à 250 V . Dans un réseau TT, cette surtension temporaire contraint l'isolation et les éléments éventuels de protection contre les surtensions s'ils sont installés. Le courant maximal conduit par $U_{\text{TOV, HT}}$ à travers un élément de protection contre les surtensions installé entre neutre et terre est définitivement plus faible que 50 A . C'est pourquoi des éclateurs entre neutre et terre doivent être aptes à interrompre des courants faibles de court-circuit alternatif.

E.2.3.2 Réseau haute tension avec mise à la terre du neutre par faible résistance ohmique

En supposant un réseau typique de 20 kV avec les paramètres suivants:

$$Z_{\text{EHT}} = 5 \Omega; P_{\text{court-circuit}} = 100 \text{ MVA}, U_n = 20 \text{ kV}$$

et un réseau basse tension caractérisé par:

$$Z_{\text{EBTA}} = 1 \Omega$$

$$U_n = 230 \text{ V}$$

$$Z_{\text{EBTB}} = 5 \Omega$$

$$Z_{\text{BT}} = Z_n = 150 \text{ m}\Omega$$

une surtension temporaire dans Z_{EBTA} de $U_{\text{TOV, HT}} \approx 1\,200 \text{ V}$ apparaît.

Le courant maximal s'écoulant dans un élément de protection contre les surtensions installé entre neutre et terre dépend du rapport entre Z_{EBTA} et la somme de Z_{EBTB} et Z_n . Pour l'exemple donné, un courant de $\approx 200 \text{ A}$ peut être calculé.

E.2.2 Characteristics of the high-voltage system

E.2.2.1 High-voltage systems with limited earth current

By earthing the HV-system with a Petersen coil, the earth current is limited to $I_{\text{earth}} = 50 \text{ A}$ to 60 A to guarantee the self-extinction of the arc.

The residual earth impedance of the HV-system is therefore in the range of $Z_{\text{EHV}} = 100 \Omega$ to 500Ω and the earth current is determined solely by Z_{EHV} . The short-circuit power and the earth impedance Z_{LVA} and Z_{LVB} have no influence.

E.2.2.2 High-voltage systems with low-ohmic earthed neutral

For completely underground systems, limitation of the earth current is no longer an opportunity for self-extinguishing of the earth current (an insulation fault in the cable damages the insulation). For that reason an increasing number of HV-systems operate with a low-ohmic earthed neutral. In general, the earth resistance Z_{EHV} should limit the earth short-circuit current to $I_{\text{earth}} \approx 2 \text{ kA}$.

For a HV-system with a rated voltage $U_n = 20 \text{ kV}$ an earth resistance $Z_{\text{EHV}} \approx 5 \Omega$ meets this requirement. Small station transformers often do not have expensive overcurrent protection. Therefore fuses are used to interrupt the short-circuit current. The interrupting time is in the order of some 100 ms depending on fuse current rating.

E.2.3 TOV in low-voltage system due to faults in the high-voltage system

E.2.3.1 High-voltage system with limited earth current

In LV-systems supplied by a HV-system with limited earth current the impedance of the earthing arrangement at the transformer should be in the range $Z_{\text{ELVA}} = 2,5 \Omega$ to 5Ω . With an earth current $I_{\text{earth}} = 50 \text{ A}$, the voltage between neutral and ground rises up to $U_{\text{TOV,HV}} = 125 \text{ V}$ to 250 V . In a TT-system this TOV stresses the insulation and the overvoltage protection elements if installed. The maximum current driven by $U_{\text{TOV,HV}}$ through an overvoltage protection element installed between neutral and ground is definitely smaller than 50 A . Therefore spark gaps between neutral and ground should be able to interrupt small a.c. currents.

E.2.3.2 High-voltage system with low-ohmic earthed neutral

Assuming that a typical 20-kV-system is given by the following parameters:

$$Z_{\text{EHV}} = 5 \Omega, S_{\text{short circuit}} = 100 \text{ MVA}, U_n = 20 \text{ kV}$$

and a LV-system characterized by:

$$\begin{aligned} Z_{\text{ELVA}} &= 1 \Omega & U_n &= 230 \text{ V} \\ Z_{\text{ELVB}} &= 5 \Omega & Z_{\text{LV}} = Z_{\text{N}} &= 150 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

a TOV on Z_{ELVA} of $U_{\text{TOV,HV}} \approx 1\,200 \text{ V}$ occurs.

The maximum current through an overvoltage protection element installed between neutral and ground depends on the ratio of Z_{ELVA} to the sum of Z_{ELVB} and Z_{N} . For this example, a current $\approx 200 \text{ A}$ can be calculated.

E.2.4 Conclusions

- Un réseau haute tension avec un courant à la terre limité entraîne une surtension temporaire industrielle dans le réseau basse tension $U_{TOV,HT} \approx 250$ V pour un temps indéfini.
- Le courant maximal conduit par $U_{TOV,HT}$ dans un élément de protection contre les surtensions entre neutre et terre est égal à 50 A.
- Les réseaux haute tension avec mise à la terre du neutre par faible résistance ohmique entraînent des surtensions temporaires dans les réseaux basse tension jusqu'à $U_{TOV,HT} \approx 1\,200$ V.
- Le courant conduit par $U_{TOV,HT}$ à travers un élément de surtension entre neutre et terre dépend du rapport entre l'impédance de la mise à la terre du transformateur et l'impédance de la mise à la terre du neutre du réseau basse tension, à l'extérieur du transformateur. Ce courant est de l'ordre de quelques centaines d'ampères.

E.3 Valeurs des surtensions temporaires selon la CEI 60364-4-44

Les paramètres des réseaux par rapport aux surtensions temporaires dans cette application particulière doivent être connus de l'utilisateur pour l'estimation de l'application, afin de réaliser un équilibre entre la protection des matériels et l'éventuelle défaillance du parafoudre. La CEI 61643-1 traite de cet aspect et un essai optionnel de surtension temporaire est proposé qui peut être effectué sur le parafoudre afin de vérifier que, si celui-ci est en défaut, il ne devra pas donner naissance à une condition dangereuse.

La valeur de $U_{TOV,HT}$ dépend du courant de défaut I_m et de la résistance de terre, R , du transformateur. Dans le cas de réseaux avec mises à la terre multiples, la résistance de terre est celle du réseau vu du point de défaut. Les valeurs maximales définies dans la CEI 60364-4-44 sont:

$$U_0 + 250 \text{ V eff. pour des durées supérieures à 5 s.}$$

Ce cas est relatif à des réseaux haute tension avec des temps de coupure longs, par exemple des réseaux haute tension avec mise à la terre par inductance.

$$U_0 + 1\,200 \text{ V eff. pour une durée jusqu'à 5 s.}$$

Ce cas est relatif à des réseaux haute tension avec des temps de coupures faibles, par exemple des réseaux haute tension avec prise de terre sûre.

Les symboles suivants sont utilisés dans les schémas (issus de la CEI 60364-4-44).

I_m : partie du courant de défaut du réseau haute tension s'écoulant dans la prise de terre des parties conductrices exposées du poste de transformation

R : résistance de la prise de terre des parties conductrices exposées du poste de transformation

U_0 : tension entre phase et neutre du réseau basse tension

U_f : tension de défaut dans le réseau basse tension entre les parties conductrices exposées et la terre

U_1 : contrainte de tension des matériels basse tension du poste de transformation

U_2 : contrainte de tension des matériels basse tension du réseau du consommateur

La figure E.11 et les calculs de l'article E.3 ne sont pas issus de la IEC 60364-4-44. Ce schéma illustre un cas typique utilisé aux USA.

E.2.4 Conclusions

- An HV-system with limited earth current causes temporary power-frequency overvoltages in the LV-system $U_{TOV,HV} \approx 250$ V for an undefined time.
- The maximum current driven by $U_{TOV,HV}$ through an overvoltage element between neutral and ground is ≈ 50 A.
- HV-systems with low-ohmic earthed neutral cause temporary overvoltages in LV-systems up to $U_{TOV,HV} \approx 1\,200$ V.
- The current driven by $U_{TOV,HV}$ through an overvoltage element between neutral and ground depends on the ratio of the impedance of the earthing arrangement in the transformer substation to the impedance of the earthing arrangement of the LV-system neutral outside the transformer substation. This current is in the range of some hundred amperes.

E.3 Values of the temporary overvoltages according to IEC 60364-4-44

The parameters of the system with regard to temporary overvoltage in the particular application needs to be known by the user for evaluation of the best balance between protection of the equipment and the potential failure of the SPD. IEC 61643-1 addresses this point and an optional temporary overvoltage test is proposed which may be performed on the SPD in order to check that if the SPD fails it should not result in a hazardous condition.

The value of the $U_{TOV,HV}$ depends on the fault current I_m and the earthing resistance of the transformer, R . In the case of multiple earthed systems, the resistance is that of the earthing network as viewed from the point of the fault. The maximum values as defined by IEC 60364-4-44 are:

$$U_0 + 250 \text{ V r.m.s. for durations higher than 5 s}$$

This case relates to HV systems having long disconnection times, for example, inductively earthed high-voltage system.

$$U_0 + 1\,200 \text{ V r.m.s. for duration up to 5 s}$$

This case relates to HV systems having short disconnection times, for example solidly earthed HV systems.

The following symbols are used in the drawings (copied from IEC 60364-4-44).

I_m : part of the earth fault current in the high-voltage system that flows through the earth electrode of the exposed conductive parts of the transformer substation

R : resistance of the earth electrode of the exposed conductive parts of the transformer substation

U_0 : line-to-neutral voltage of the low-voltage system

U_f : fault voltage in the LV system between exposed conductive parts and earth

U_1 : stress voltage in the LV equipment of the transformer substation

U_2 : stress voltage in the LV equipment of the consumer's system

Figure E.11 and the calculations in clause E.3 are taken from IEC 60364-4-44. This diagram illustrates a typical case used in the USA.

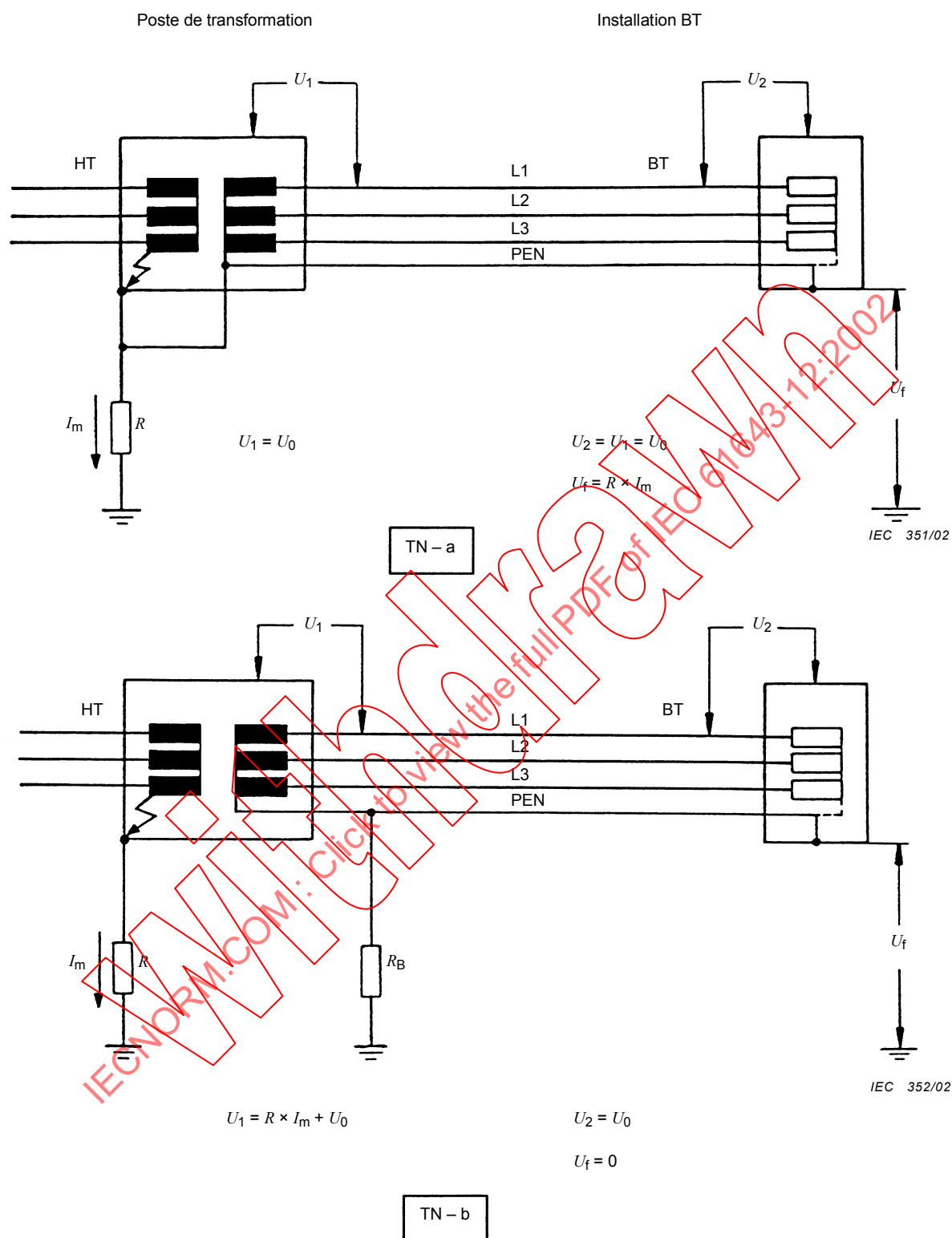


Figure E.2 – Réseaux TN

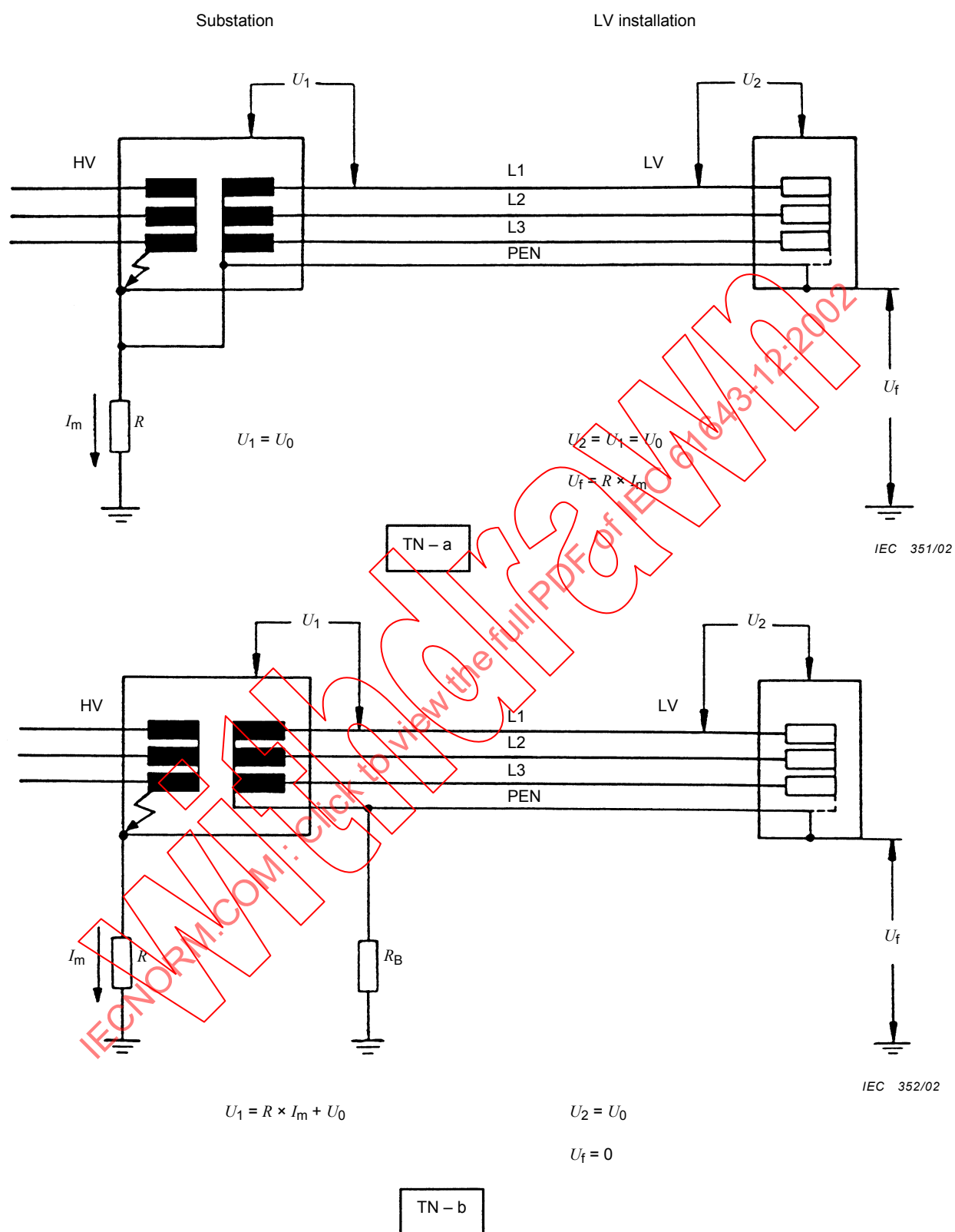


Figure E.2 – TN systems

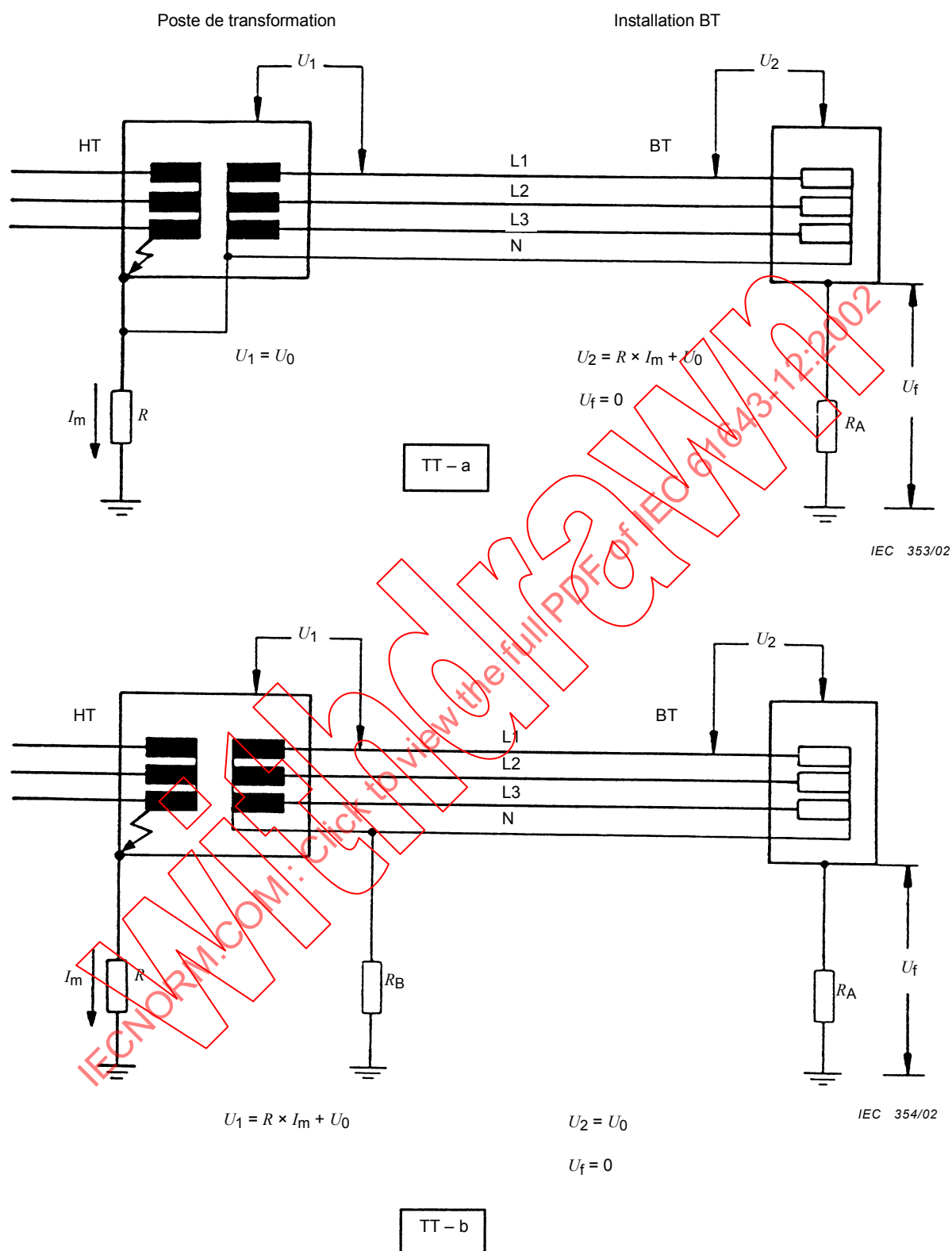


Figure E.3 – Schémas TT

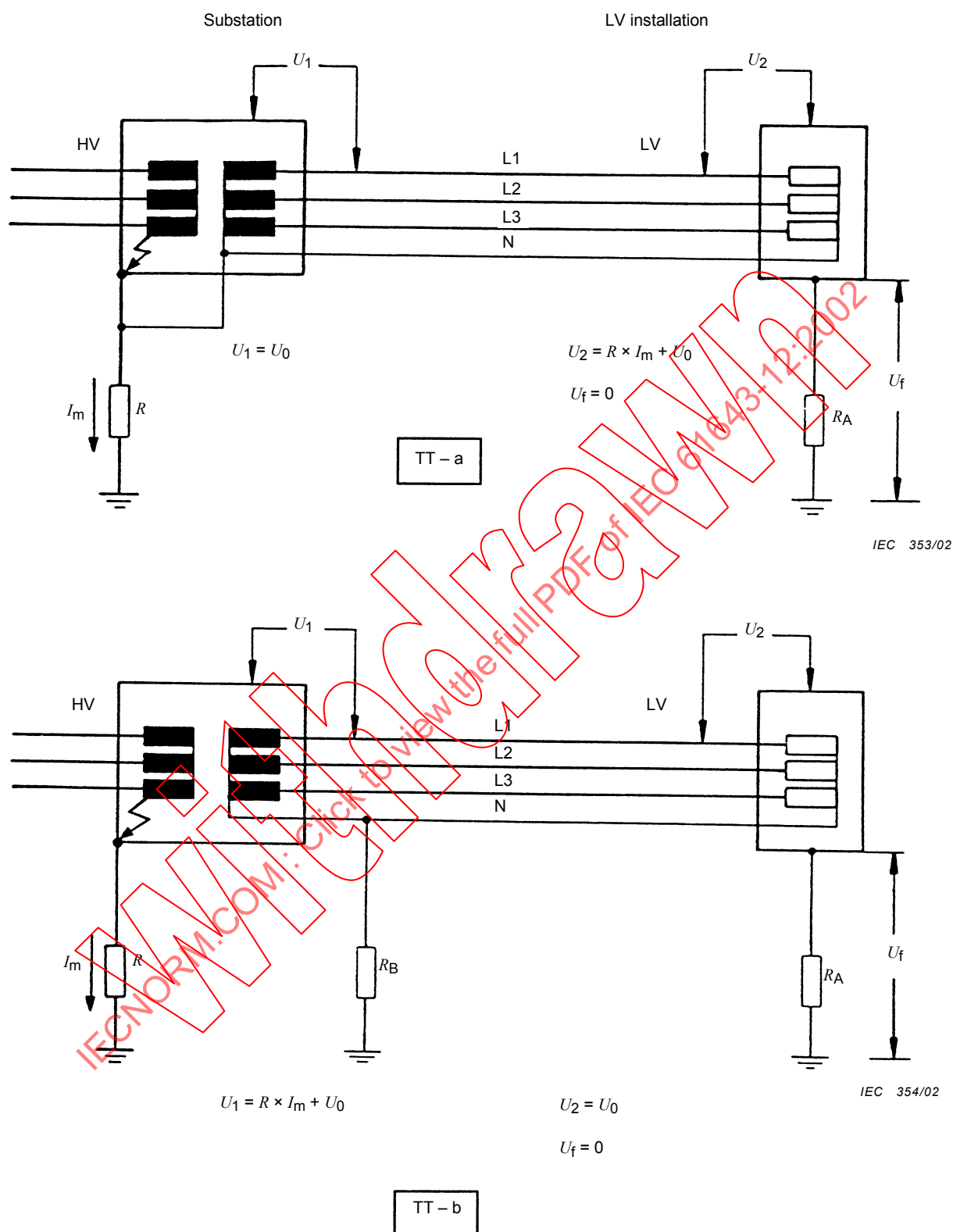


Figure E.3 – TT systems

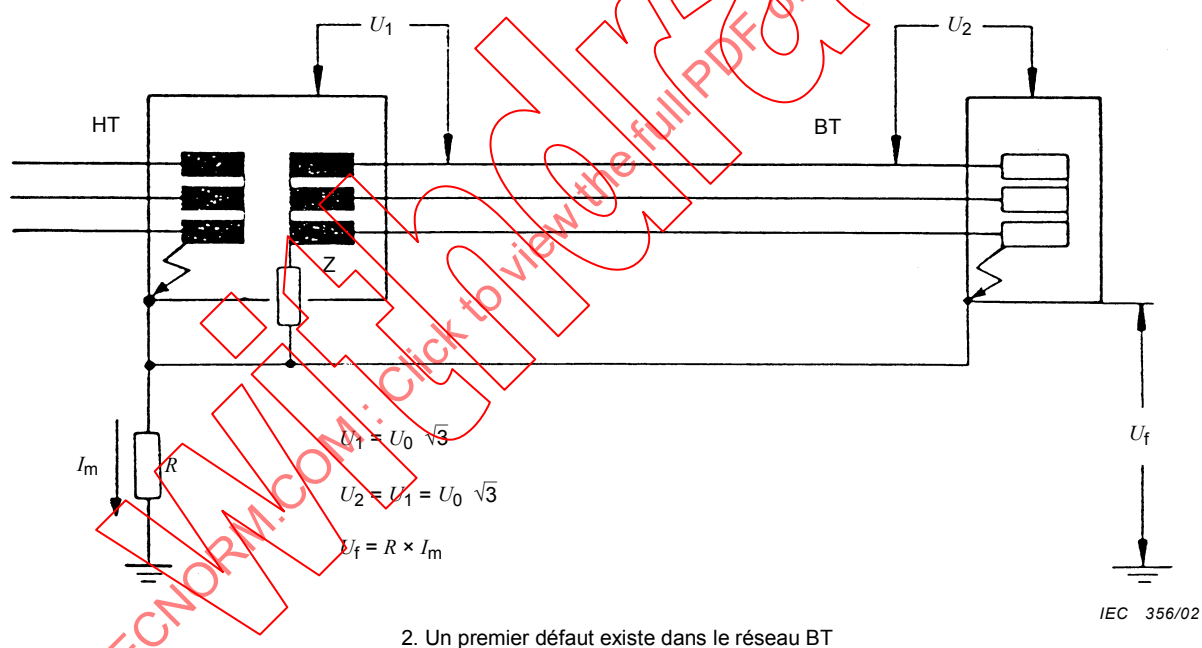
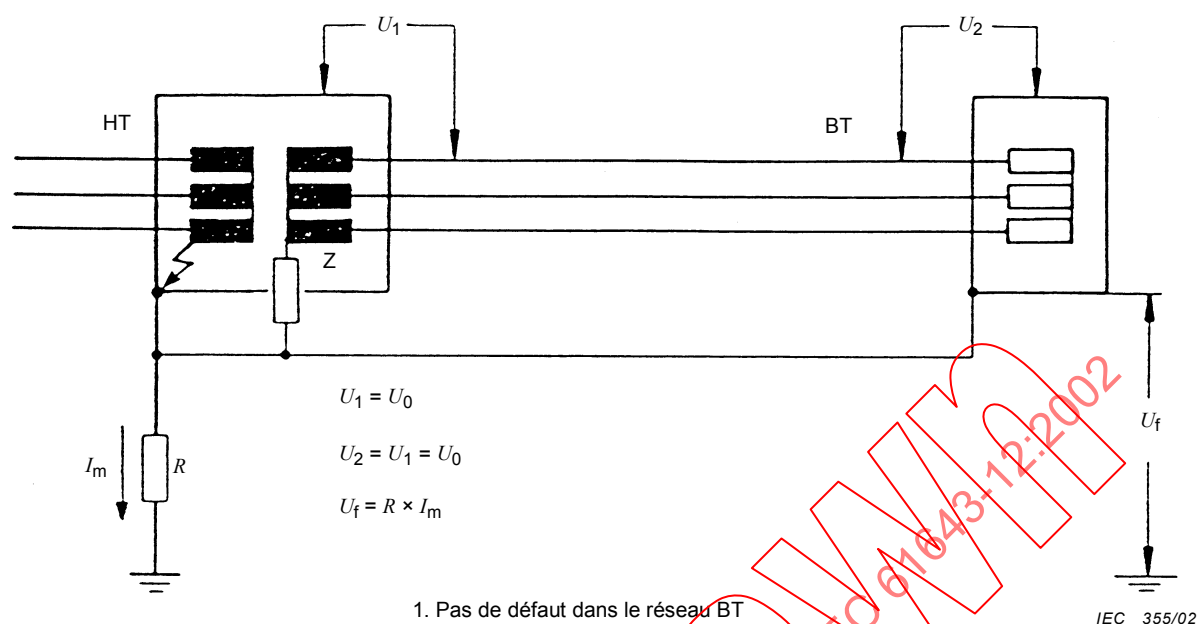


Figure E.4 – Schémas IT, exemple a

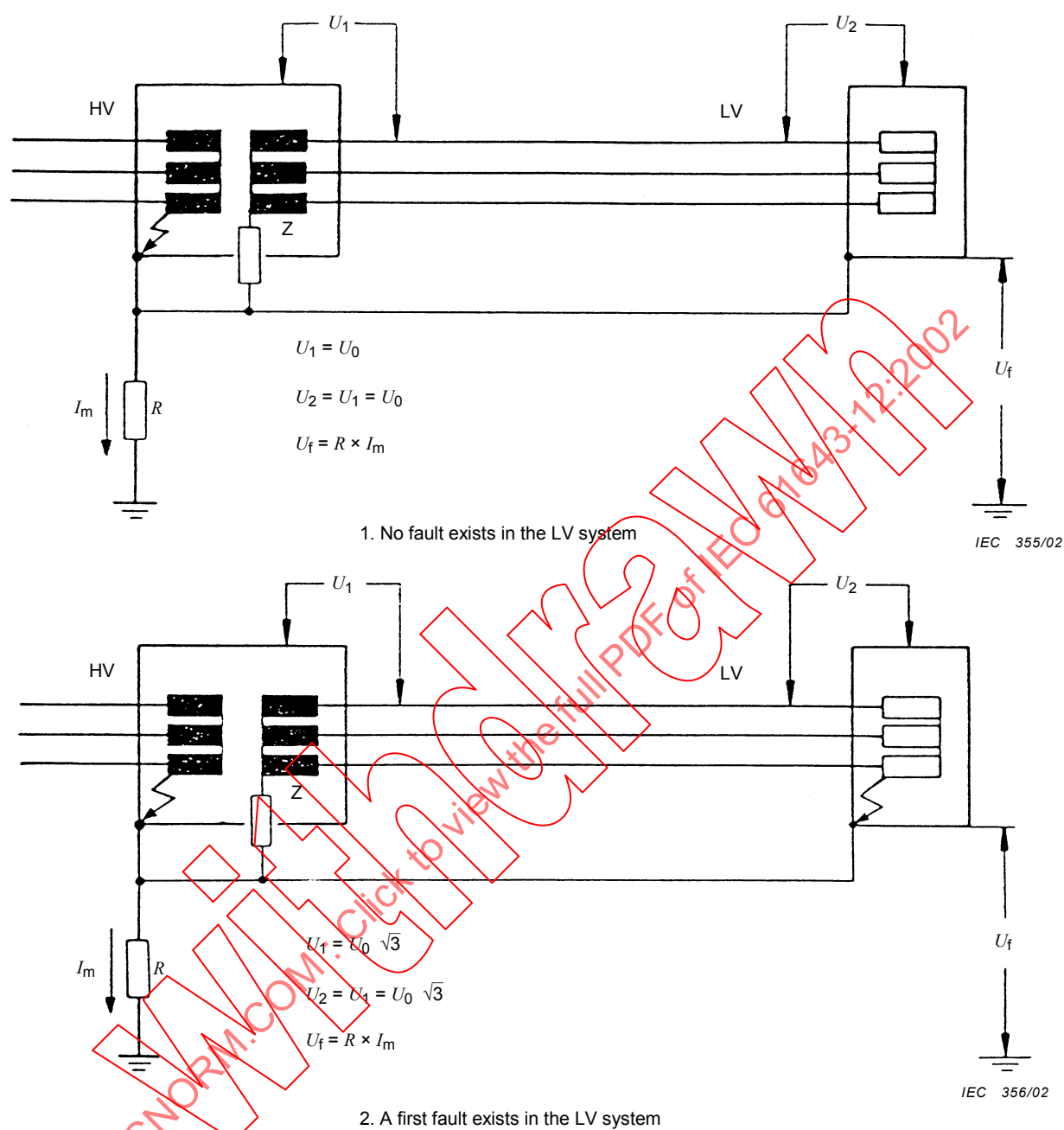
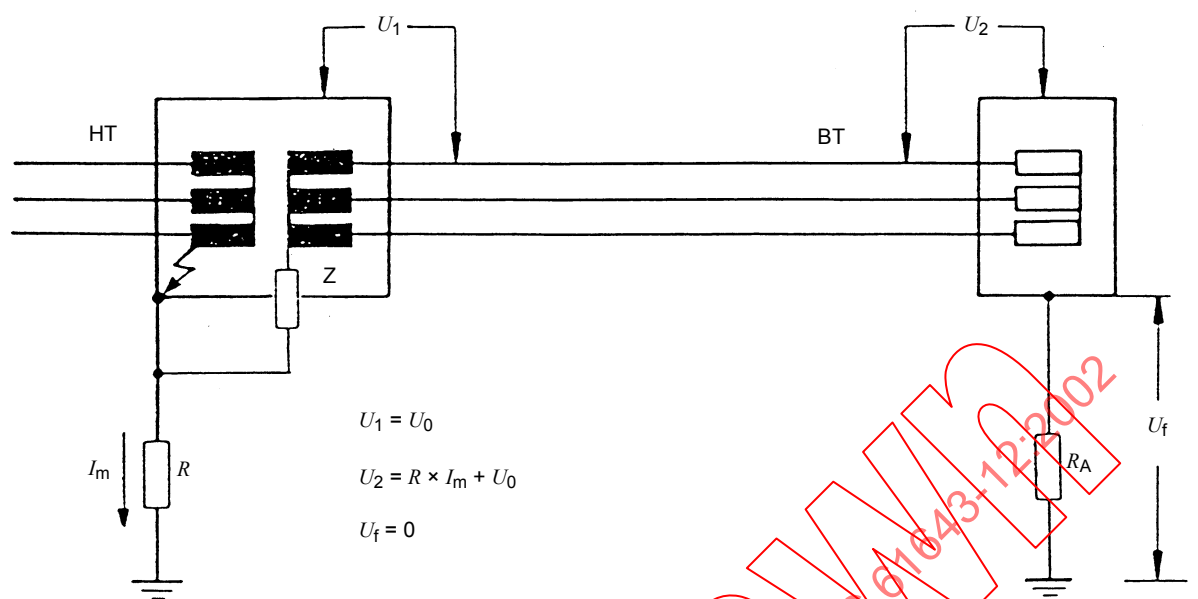
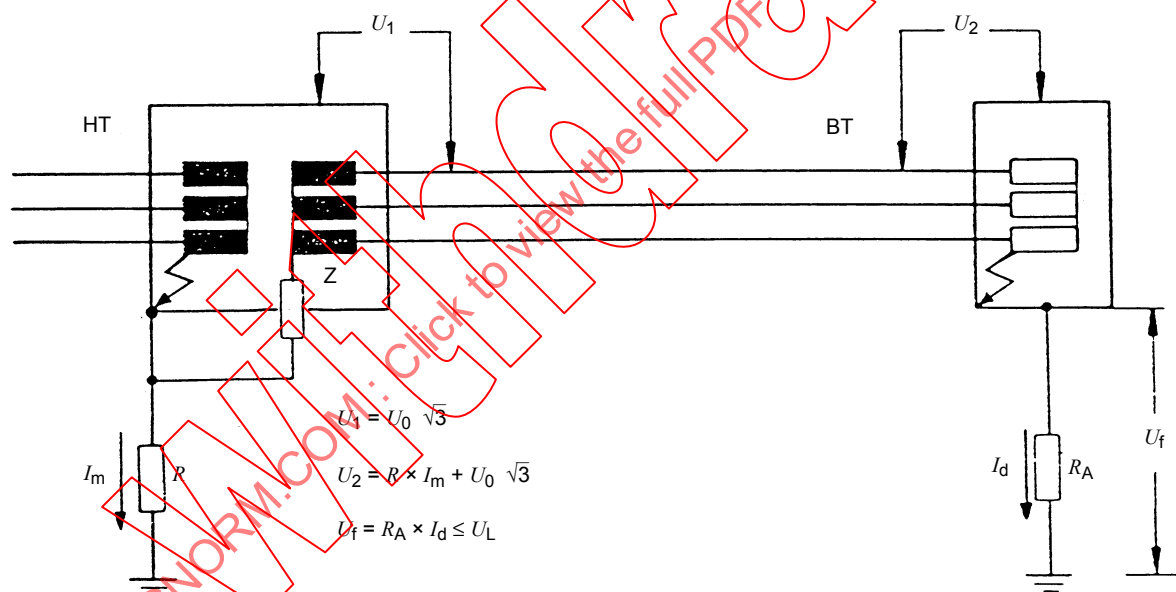


Figure E.4 – IT system, example a



1. Aucun défaut dans le réseau BT

IEC 357/02



2. Un premier défaut existe dans le réseau BT

IEC 358/02

Figure E.5 – Schémas IT, exemple b

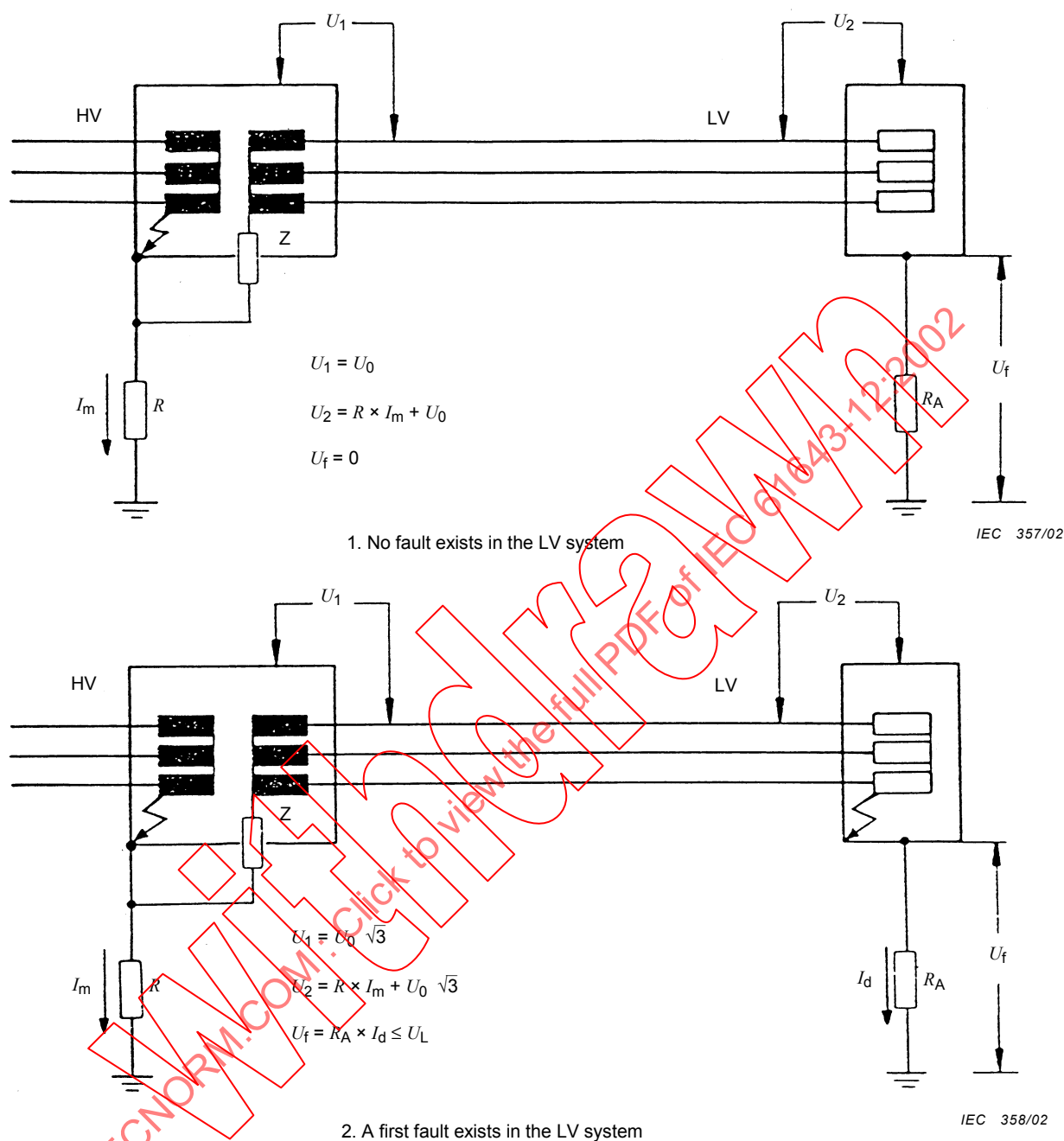


Figure E.5 – IT system, example b

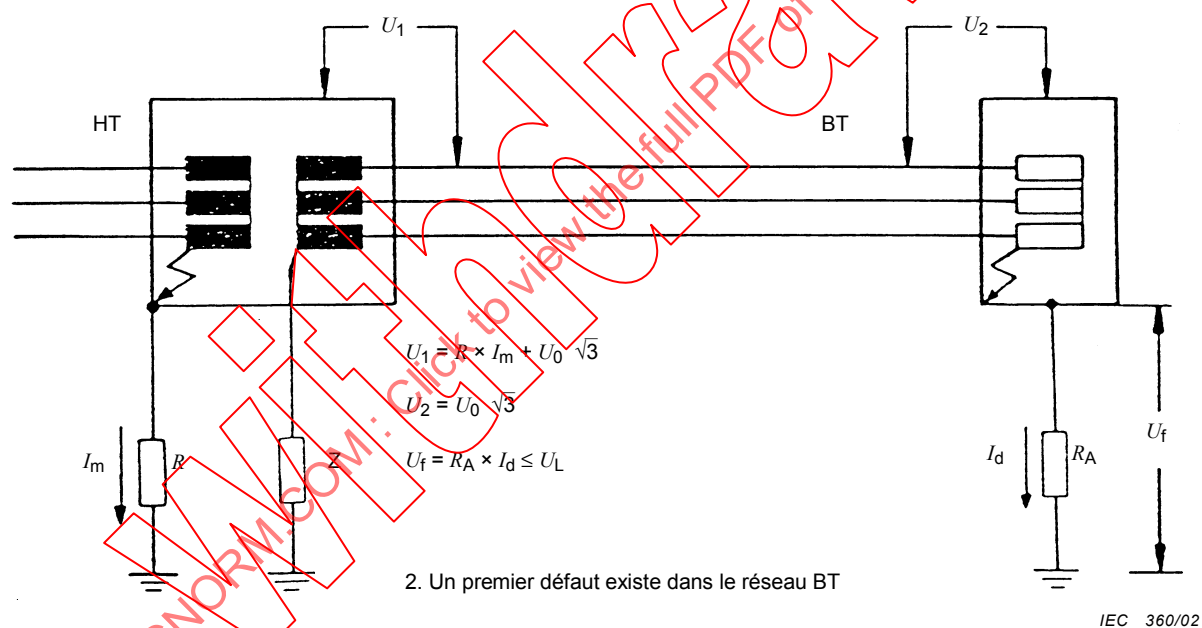
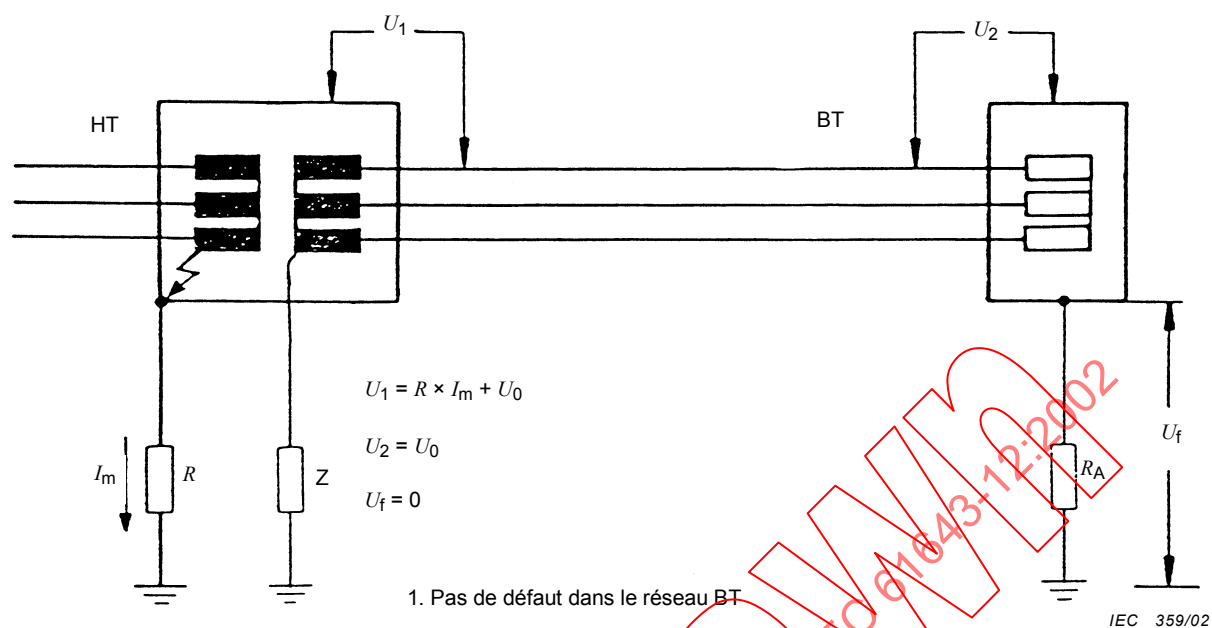


Figure E.6 – Schémas IT, exemple c1

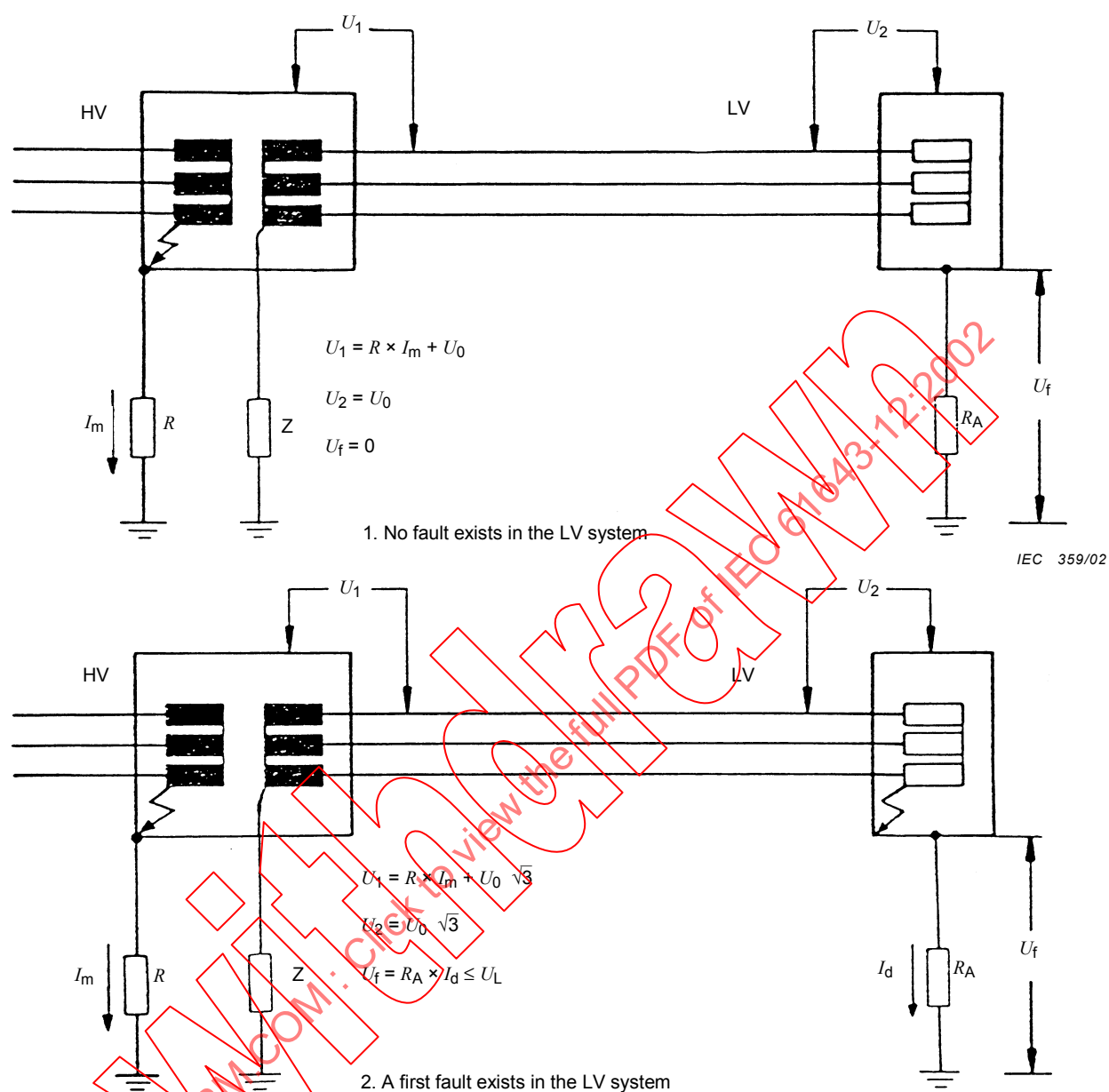
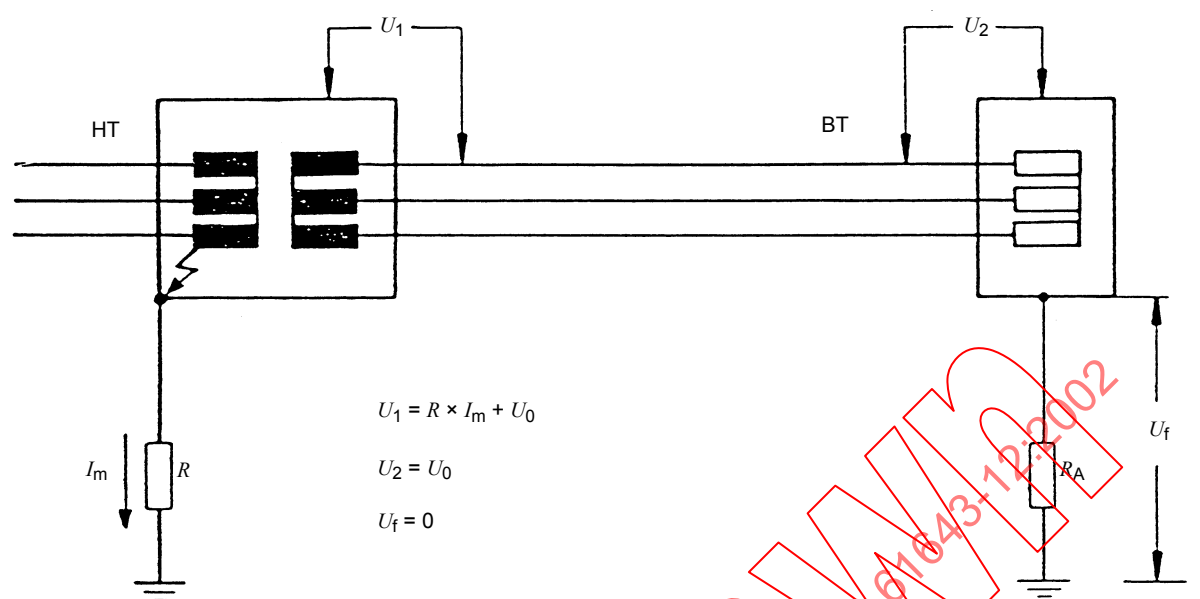


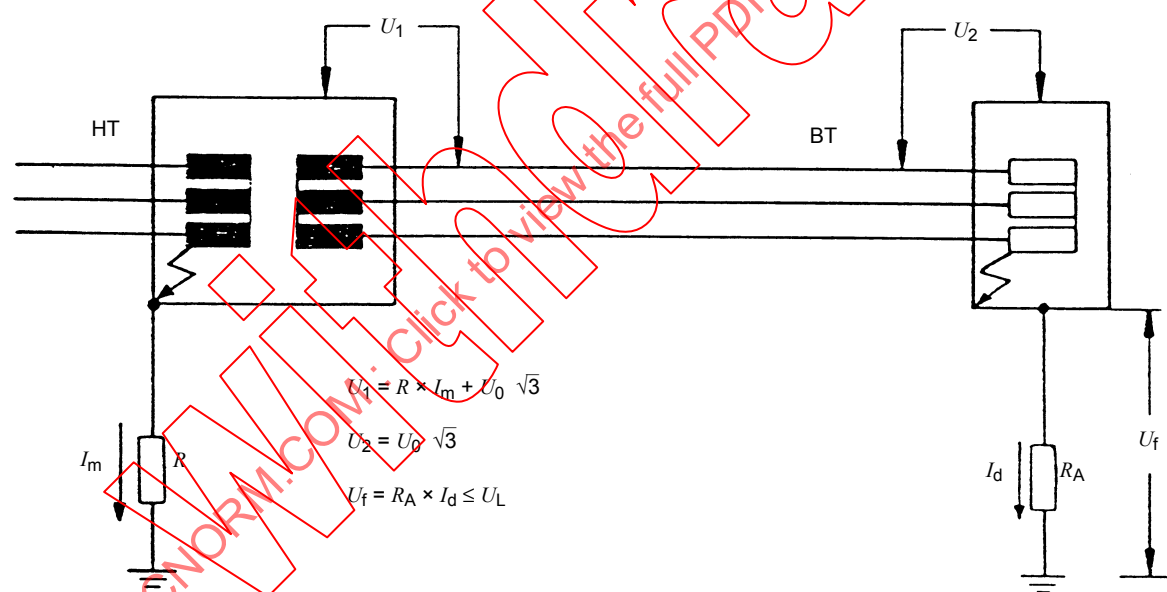
Figure E.6 – IT system, example c1

IEC 360/02



1. Pas de défaut dans le réseau BT

IEC 361/02



2. Un premier défaut existe dans le réseau BT

IEC 362/02

Figure E.7 – Schémas IT, exemple c2

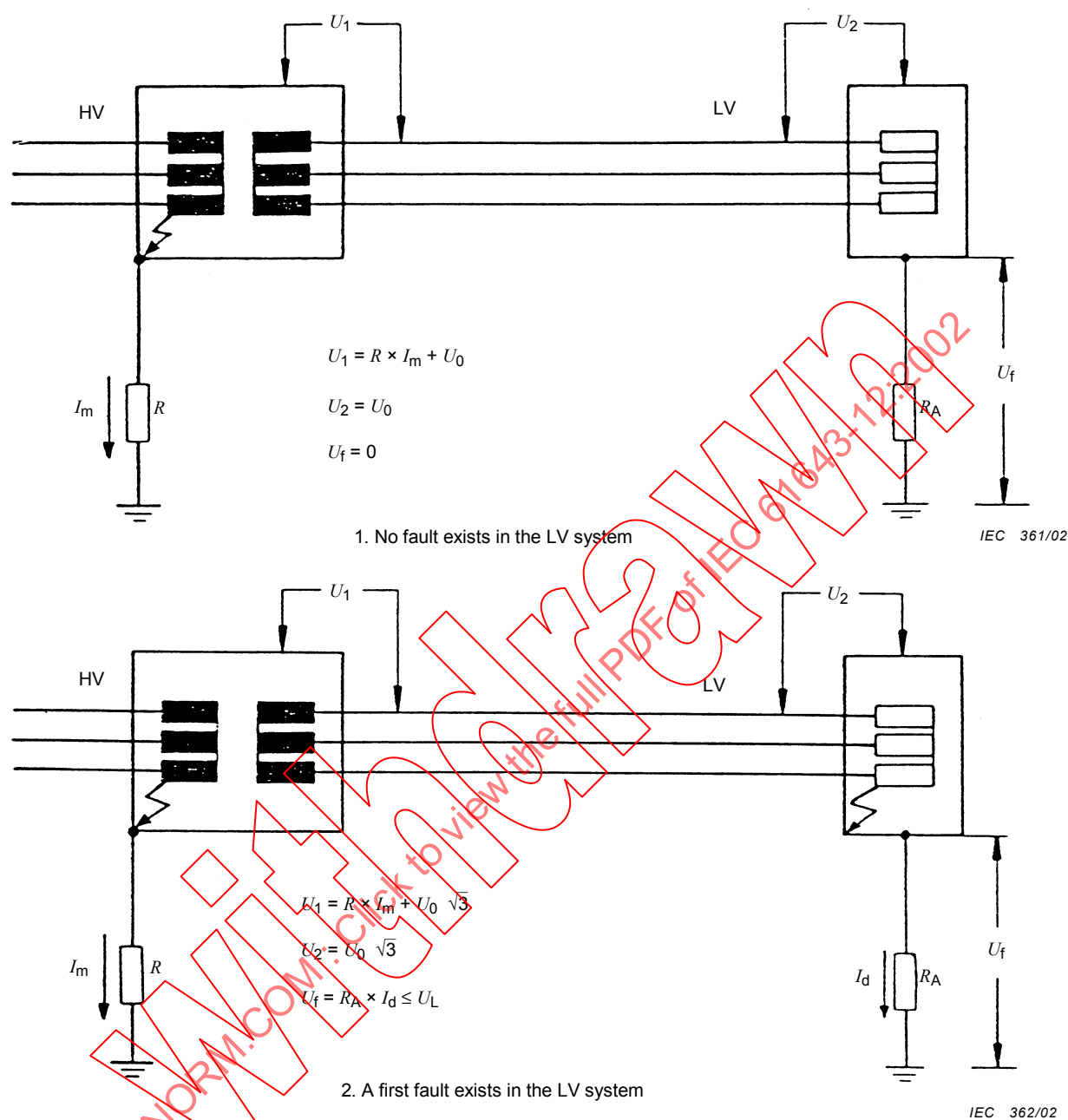


Figure E.7 – IT system, example c2

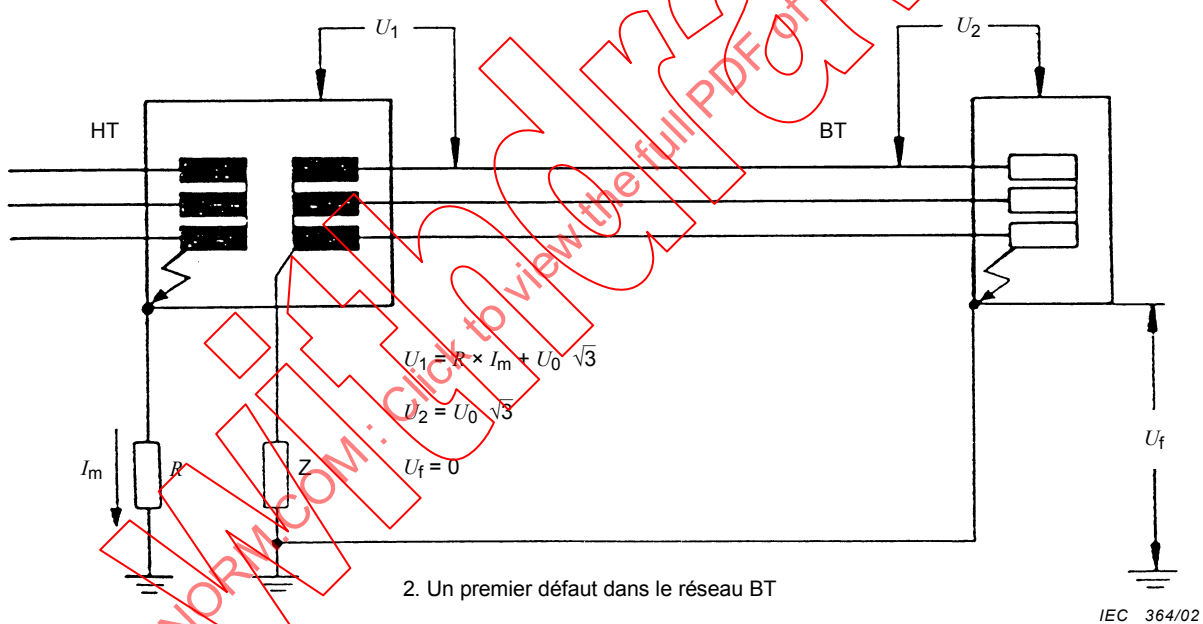
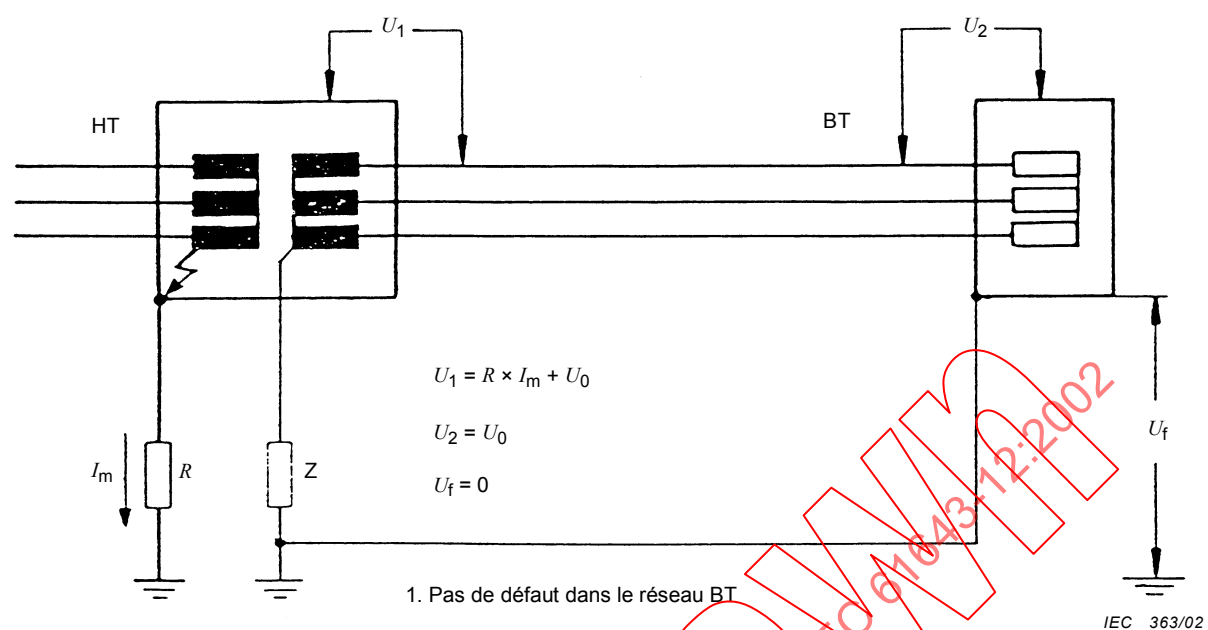
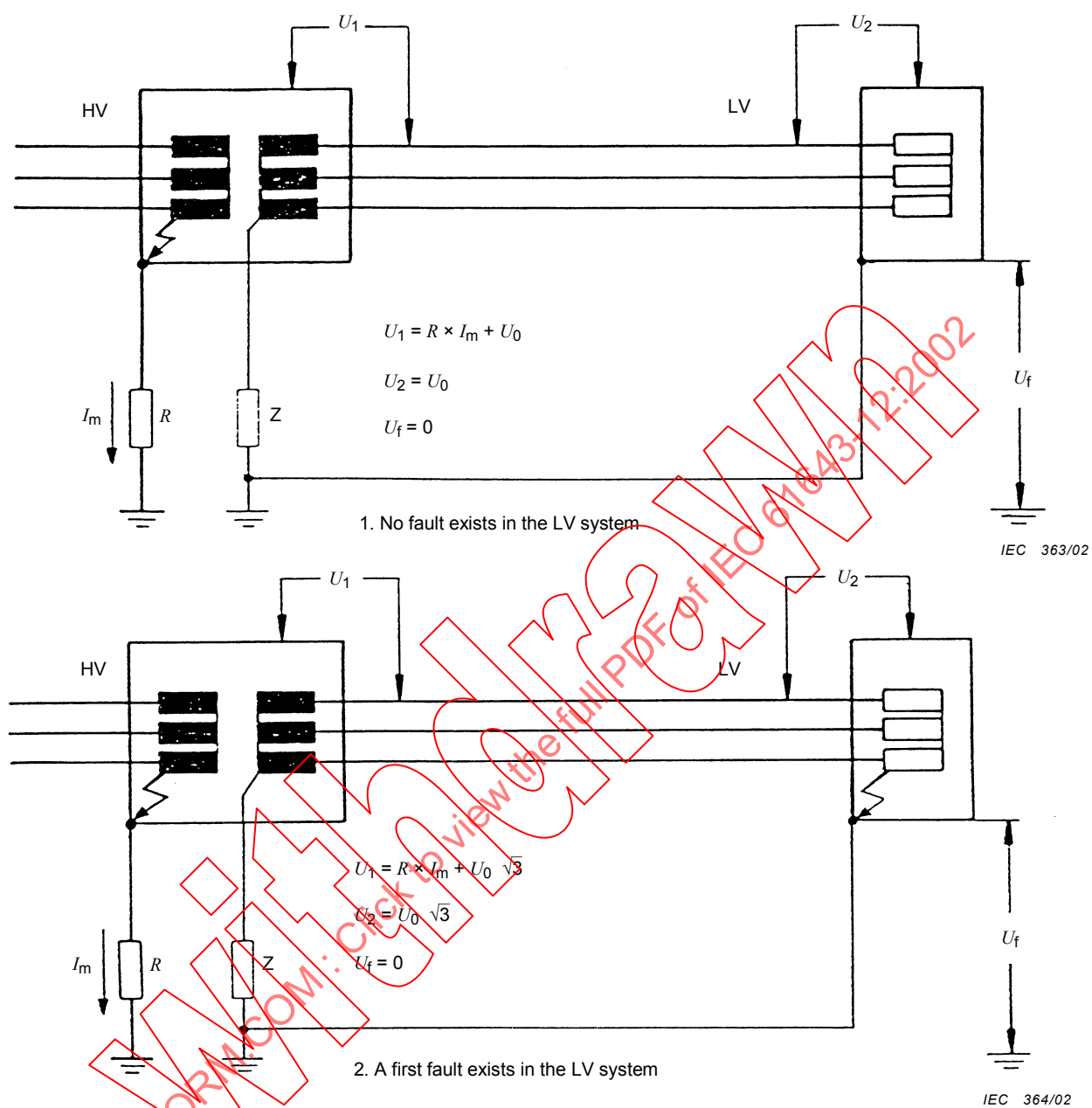
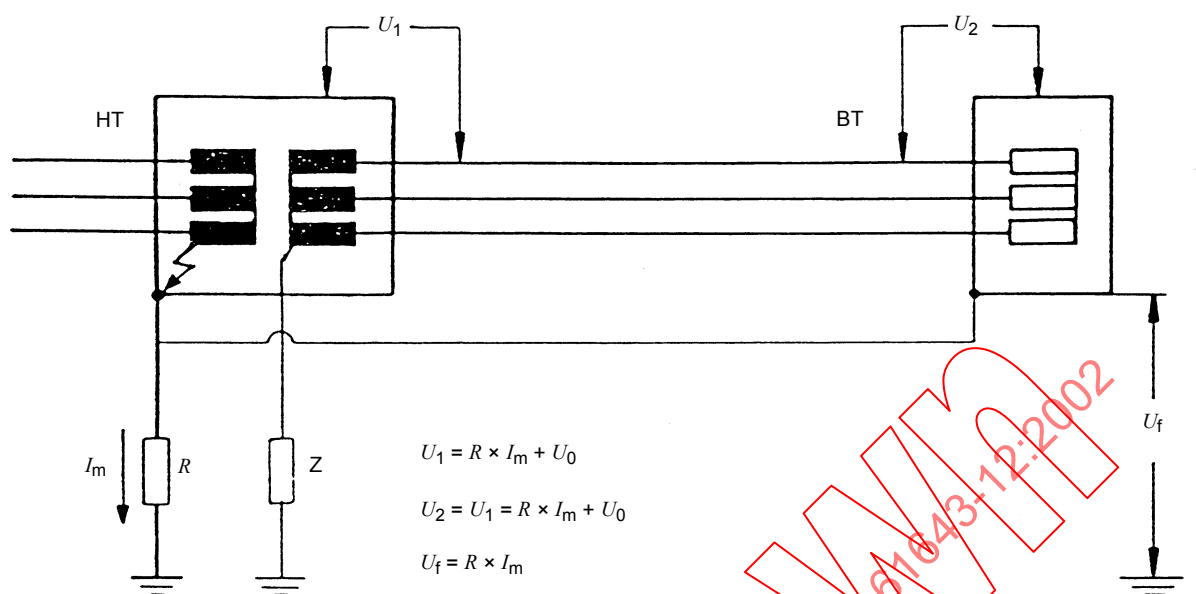


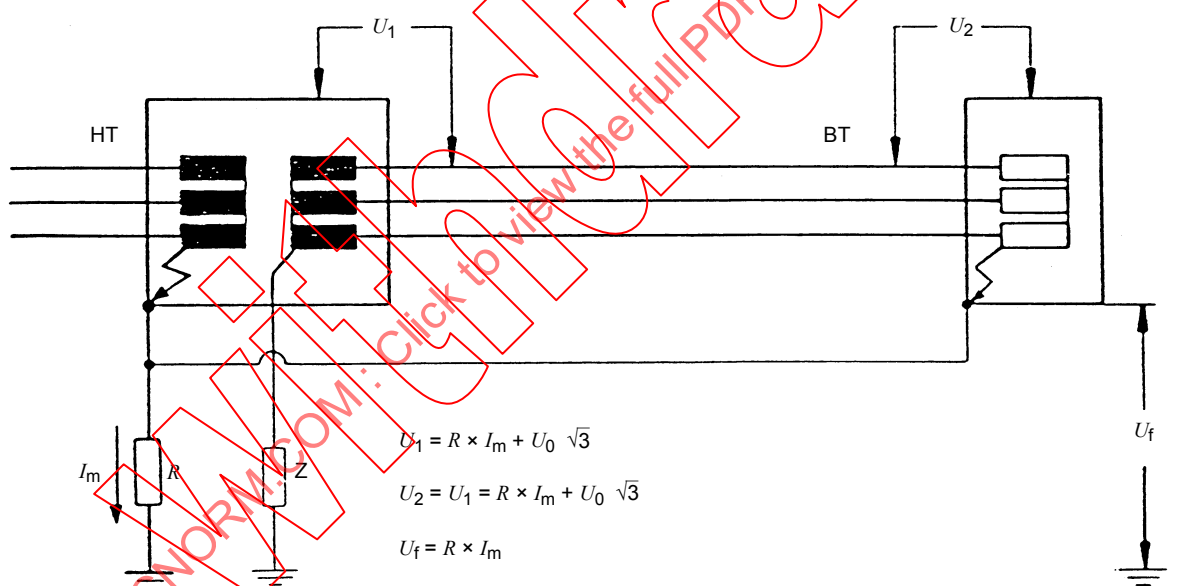
Figure E.8 – Schémas IT, exemple d





IEC 365/02

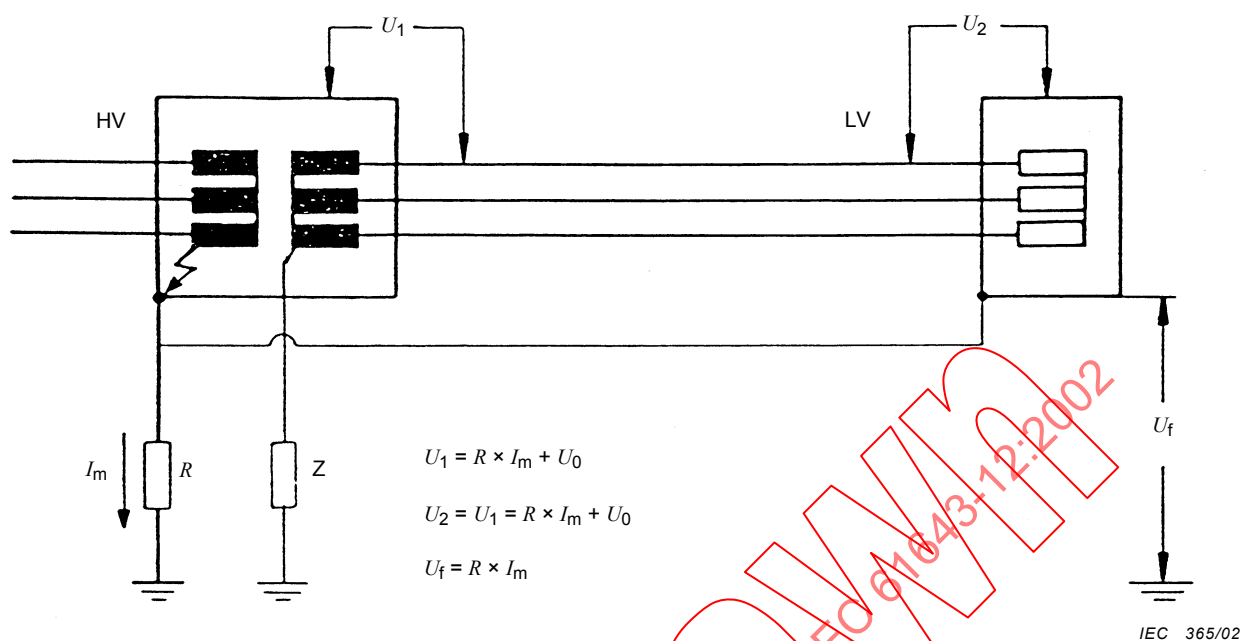
1. Pas de défaut dans le réseau BT



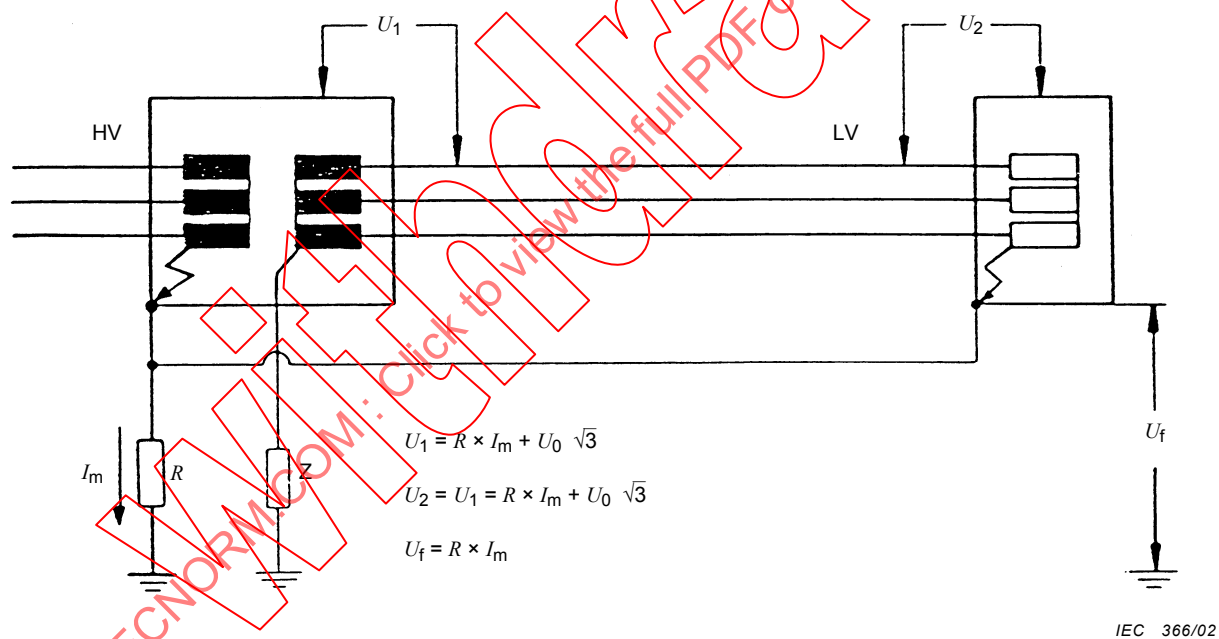
IEC 366/02

2. Un premier défaut existe dans le réseau BT

Figure E.9 – Schémas IT, exemple e1

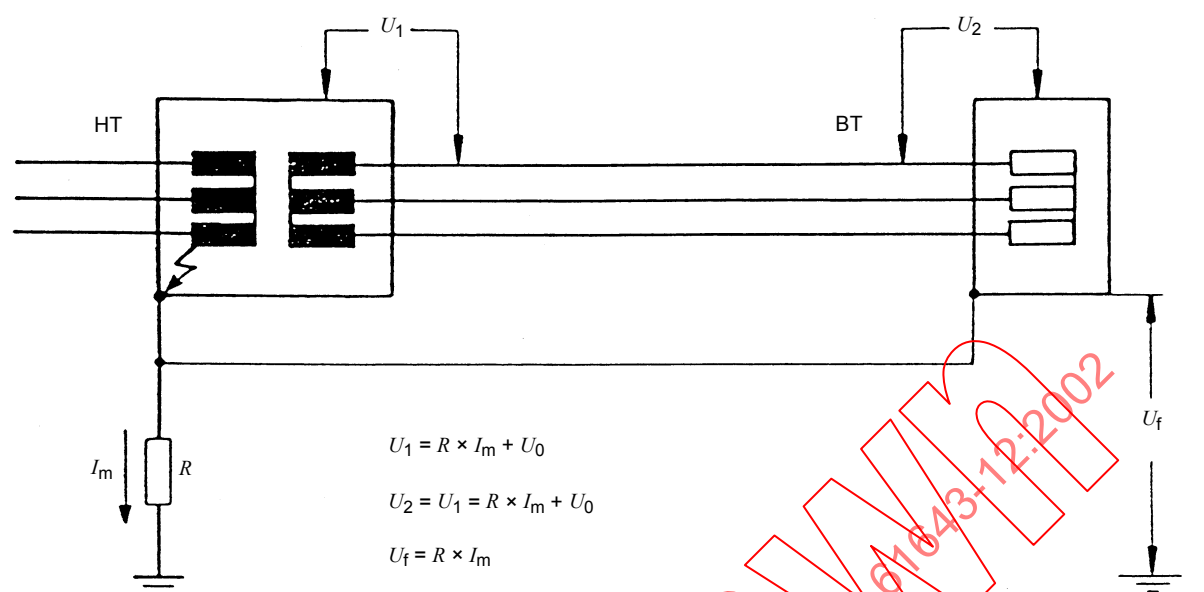


1. No fault exists in the LV system

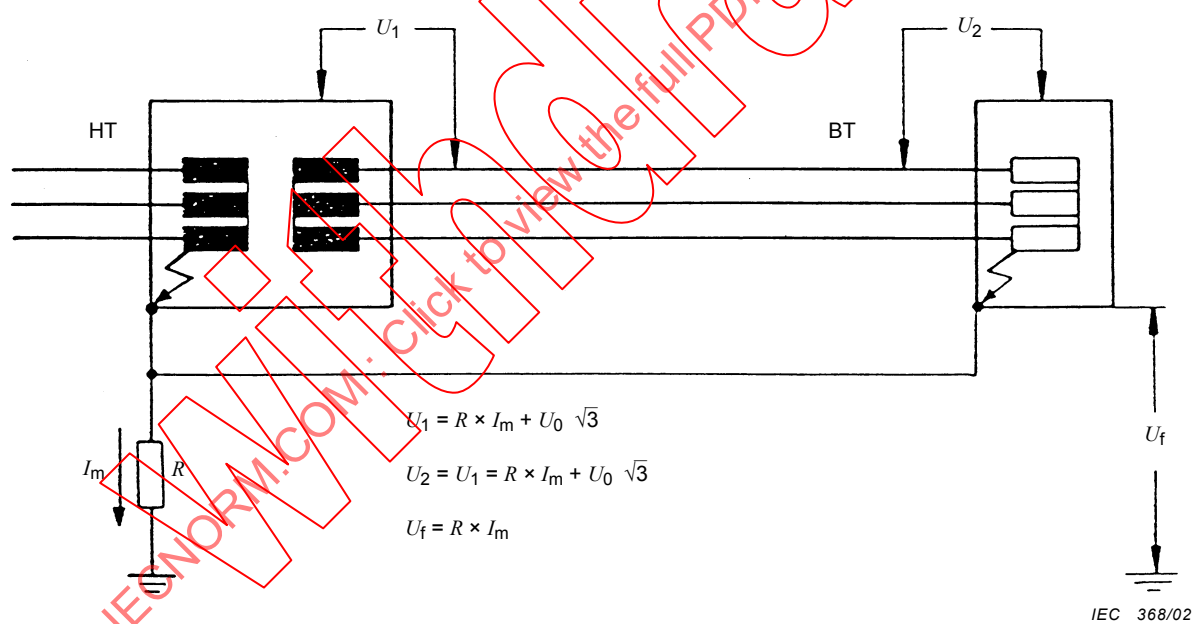


2. A first fault exists in the LV system

Figure E.9 – IT system, example e1

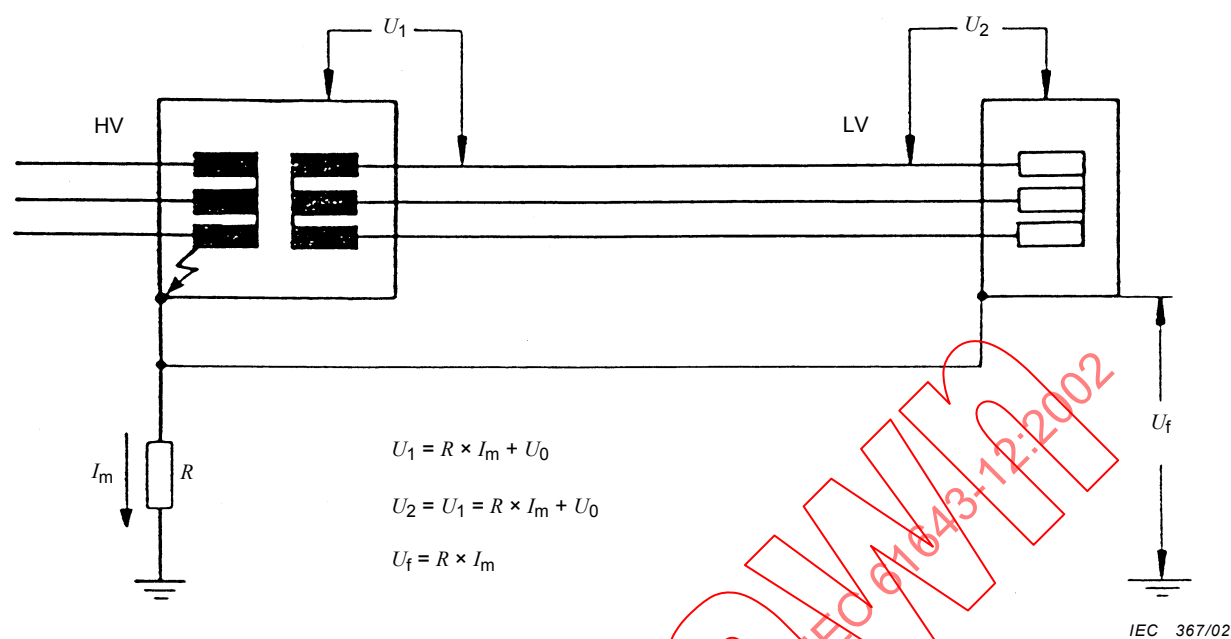


1. Pas de défaut dans le réseau BT

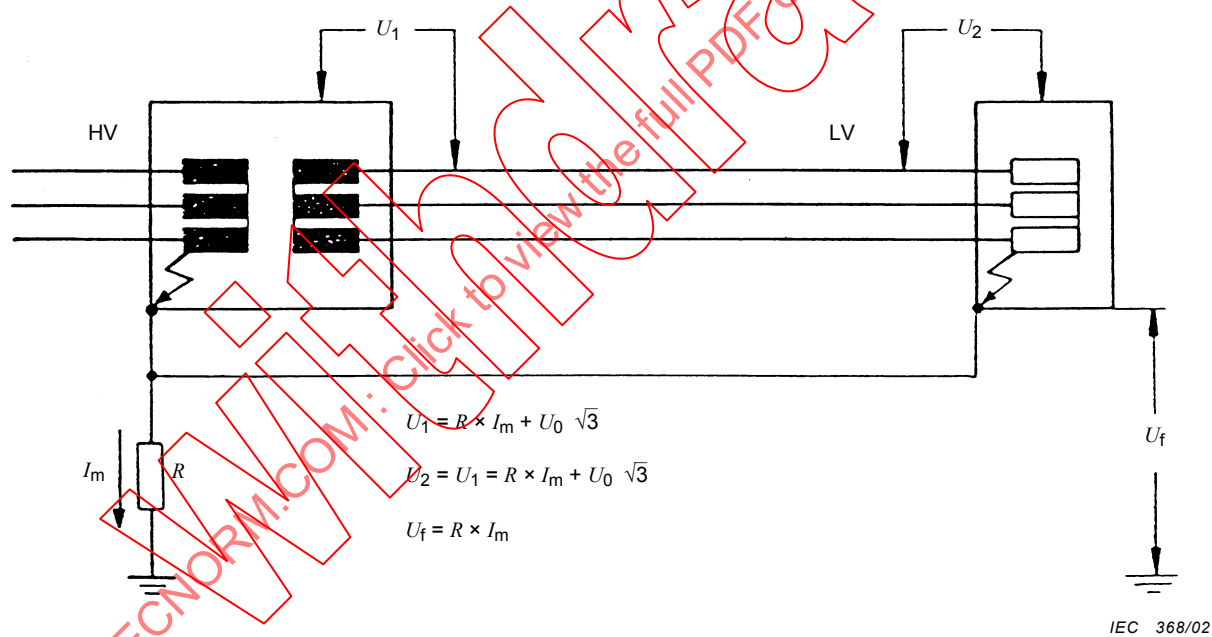


2. Un premier défaut existe dans le réseau BT

Figure E.10 – Schémas IT, exemple e2



1. No fault exists in the LV system



2. A first fault exists in the LV system

Figure E.10 – IT system, example e2

E.4 Valeurs des TOV pour le schéma TNC-S des USA

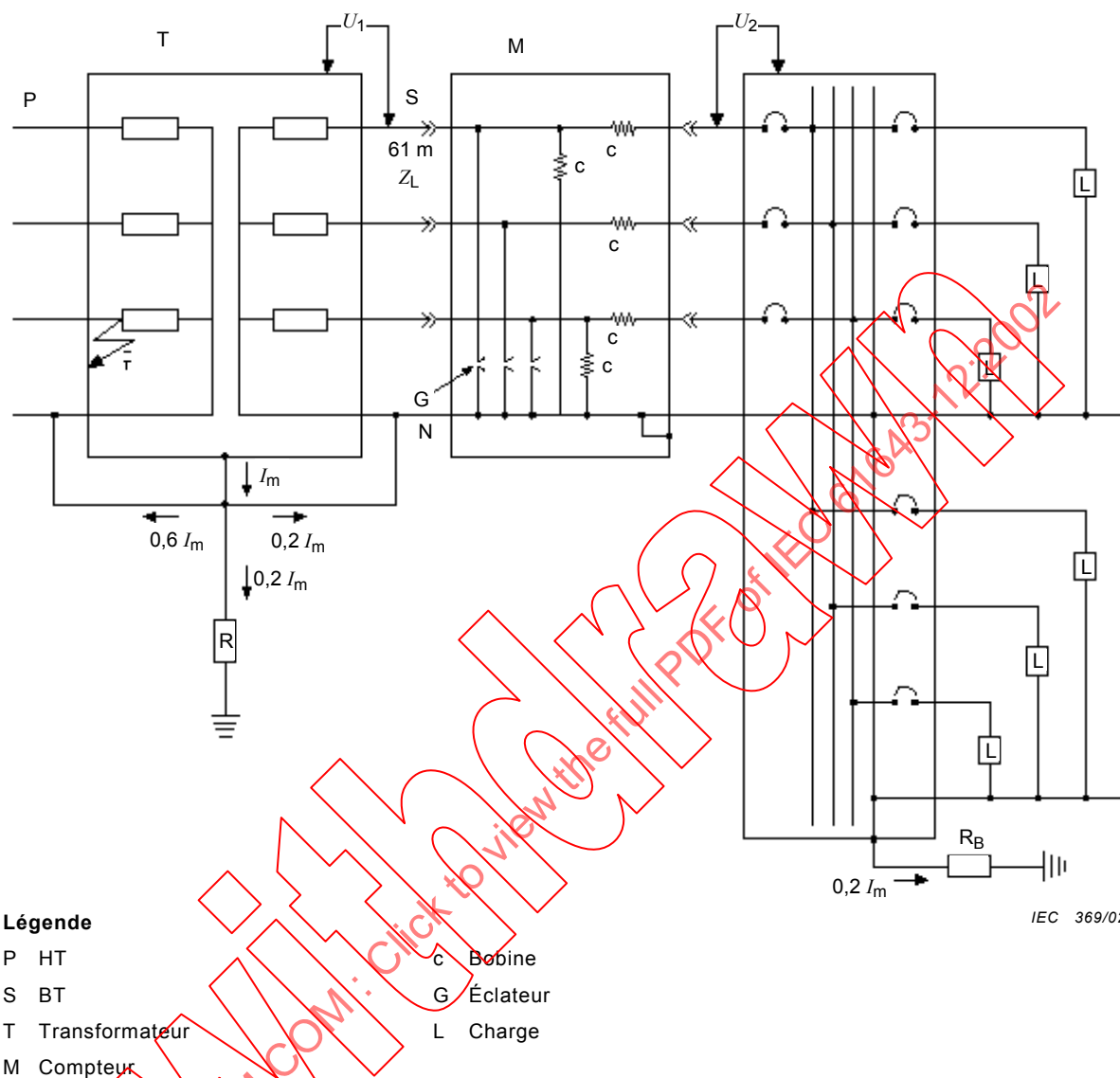


Figure E.11 – Valeurs des TOV pour le schéma TNC-S des USA

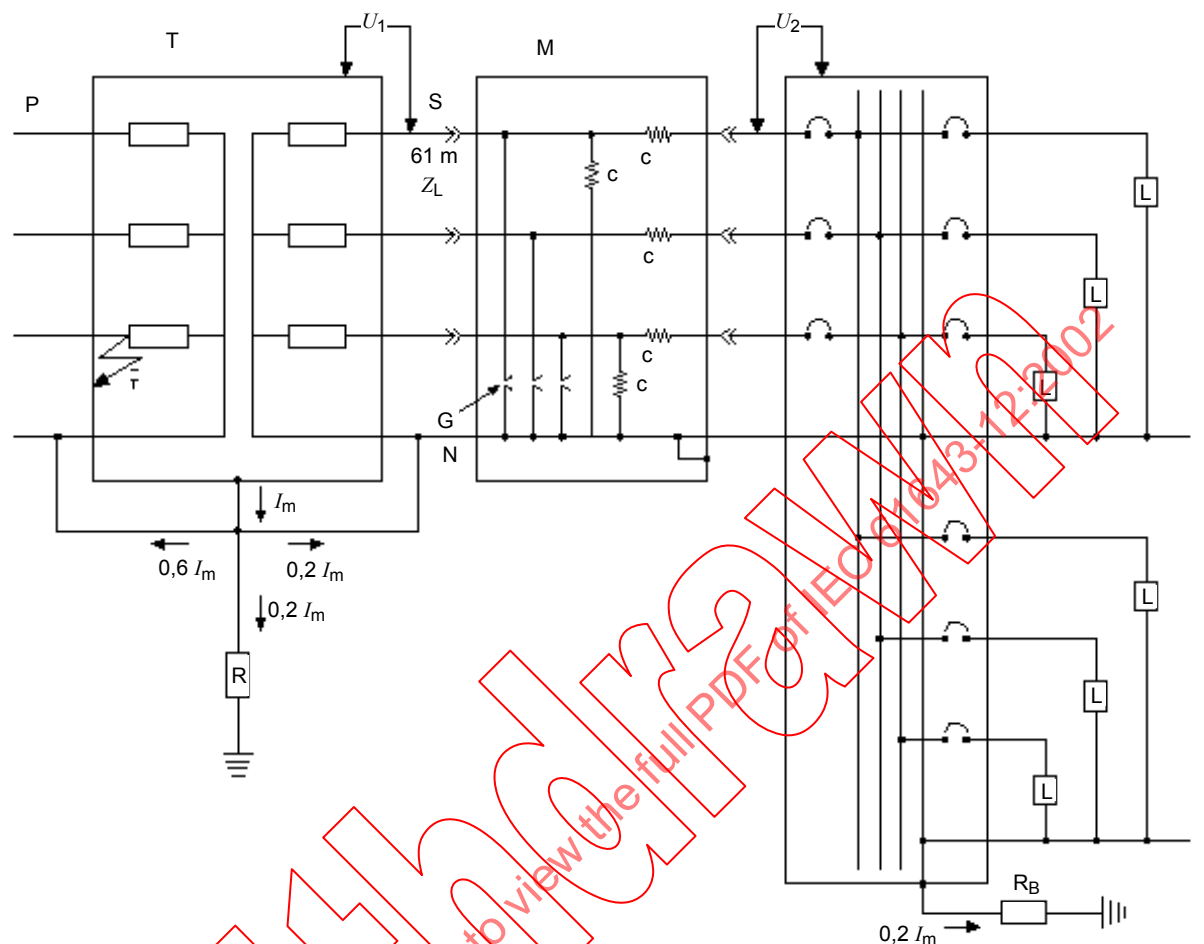
La discussion suivante est basée sur la figure E.11. Cette figure montre la répartition du courant de suite pour un défaut sur la haute tension à côté du transformateur de distribution. Dans cet exemple, il est supposé que la résistance de terre du transformateur et de l'utilisateur est de 15 Ω .

$U_1 = U_0$ où U_0 est la tension maximale de fonctionnement au secondaire.

Z_L est l'impédance des conducteurs de phase entre le transformateur et le tableau de distribution.

Les éclateurs du compteur s'amorcent pour une tension comprise entre 1 500 V et 2 500 V.

E.4 Values of the temporary overvoltages for the US TN C-S system



Key

P HV

S LV

T Transformer

M Meter

C Coil

G Spark gap

L Load

Figure E.11 – US TN-C-S System

The following discussion is based upon figure E.11. Shown in the figure is a division of power follow current for a fault on the high-voltage side of a distribution transformer. In this example, it is assumed that the earthing resistance of both the transformer and the service entrance is 15 Ω .

$U_1 = U_0$ where U_0 is the maximum operating voltage of the secondary service.

Z_L is the impedance of the line conductors between the transformer and the service panel.

The meter gaps have an impulse sparkover of 1 500 V to 2 500 V.

Cet exemple traite d'un cas typique représentatif d'un circuit de distribution 23 kV/13,2 Y d'Amérique du Nord avec un courant de défaut maximal (I_m) de 10 kA. L'impédance (Z_L) de 0,041 Ω est typique pour des conducteurs du secondaire en triplex qui seront utilisés pour l'alimentation d'une installation triphasée de 3 kVA à 25 kVA par une distribution aérienne monophasée. Une distance d'environ 60 m en conducteurs cuivre 4/0 AWG (valeur équivalente selon la CEI 60999-1: 25 mm²) est utilisée pour les calculs. L'hypothèse de la répartition du courant de défaut se fonde sur les calculs et la mesure du champ lors d'un défaut d'une distribution avec mises à la terre multiples.

Dans cet exemple $U_0 = 132 \text{ V}$

$$U_1 = U_0 = 132 \text{ V}$$

$$U_2 = U_0 + 0,2 \times I_m \times Z_L = 132 + 0,2 \times 10\,000 \times 0,04 = 214 \text{ V}$$

Bien que ceci montre une surtension de 1,78 fois la tension nominale du réseau (1,78 p.u.), en supposant que $R \gg R_B$, pour la même condition de défaut, une valeur $U_2 = 294 \text{ V}$ ou 2,45 fois la tension nominale (2,45 p.u.) peut être obtenue. Cette surtension temporaire TOV dure jusqu'à ce que le défaut soit éliminé soit par un fusible soit par disjoncteurs en amont ou contacteurs. Le temps de fonctionnement de ces dispositifs varie de 0,016 s à 1,5 s en fonction des caractéristiques du dispositif de protection. Des longueurs plus courtes des conducteurs et des courants de défaut plus faibles entraînent des conditions moins sévères.

Bien que cet exemple montre qu'un premier défaut peut induire une surtension de 2,45 par unité de la tension nominale, c'est une condition extrêmement rare. Il est rare que des circuits de distribution aient des courants de défaut de 10 kA. La moyenne des courants de défaut dans le circuit de distribution est inférieure à 4 kA. Ainsi, la surtension temporaire est très réduite. Des distributions secondaires de grande longueur sont inhabituelles. Les longueurs de distribution inférieure induisent des surtensions plus faibles. En général, les longueurs secondaires n'excèdent pas 30 m. C'est pourquoi si le courant de défaut est de 4 kA et la longueur secondaire est inférieure à 30 m, la TOV est d'environ 1,24 fois par unité la tension secondaire, ou 148,4 V.

For the purpose of this example, a typical case has been taken to be representative of a North American 23 kV/13,2 kV Y distribution circuit having a maximum fault current (I_m) of 10 kA. The impedance (Z_L) of 0,041 Ω is typical for triplex secondary conductors which would be used with a three-phase installation of 3 kVA to 25 kVA single-phase overhead distribution transformers. A distance of approximately 60 m of 4/0 AWG (equivalent value according to IEC 60999-1 is 25 mm²) copper was used for the calculation. The assumption of the division of the fault current is based upon calculations and field measurement during staged fault conditions of faults on a multigrounded distribution circuit.

For this example $U_0 = 132 \text{ V}$

$$U_1 = U_0 = 132 \text{ V}$$

$$U_2 = U_0 + 0,2 \times I_m \times Z_L = 132 + 0,2 \times 10\,000 \times 0,041 = 214 \text{ V}$$

Although this shows an overvoltage of 1,78 times the nominal system voltage (1,78 p.u.), if the assumption is made that $R \gg R_B$ it can be shown, for the same fault condition described, a value of $U_2 = 294 \text{ V}$ or 2,45 times the nominal system voltage (2,45 p.u.) could be obtained. This temporary overvoltage (TOV) would last until the fault is cleared either by a fuse or the opening of an upstream circuit-breaker or reclosers. The operation of these devices would vary from 0,016 s to 1,5 s depending upon the fault isolating device characteristic. Shorter lengths of service conductors and lower fault currents would result in less severe conditions.

Although this example demonstrates that a primary fault can result in a TOV as great as 2,45 per unit of the nominal system voltage, it is an extremely rare condition. It is very uncommon for distribution circuits to have actual fault currents of 10 kA. The bulk of the fault currents on distribution circuits is less than 4 kA. Thus, the TOV would be greatly reduced. Long secondary services are an unusual condition. Shorter service lengths would result in lower overvoltages. In general, secondaries do not exceed 30 m. Therefore, if the fault current was 4 kA and the secondary less than 30 m the TOV would be approximately 1,24 per unit of the nominal system voltage or 148,4 V.

Annexe F (informative)

Règles et principes de coordination

F.1 Généralités

Comme décrit en 6.2.6, le but de la coordination entre les parafoudres est de remplir les critères d'énergie qui sont fondés sur l'énergie maximale admissible du second parafoudre. Toutefois, cette énergie dépend parfois de la forme d'onde, et des essais, tels que décrits dans la CEI 61643-1 qui sont généralement effectués avec une seule forme d'onde (8/20 par exemple pour les essais de classe II). C'est la raison pour laquelle il est plus judicieux et plus facile d'obtenir directement cette valeur $E_{\max}$ auprès du fabricant (la plupart du temps, cette valeur est indiquée dans la documentation technique du fabricant).

Pour bien définir l'énergie admissible d'un parafoudre, il est nécessaire de connaître les deux valeurs suivantes:

- $E_{\max S}$ pour les formes d'ondes des courants de courte durée, par exemple 8/20 (essais de classe II);
- $E_{\max L}$ pour les formes d'ondes des courants de longue durée, par exemple: les formes d'ondes des essais de classe I.

Pour certains domaines techniques, ces deux valeurs $E_{\max S}$ et $E_{\max L}$ peuvent être identiques.

Le parafoudre est alors caractérisé par deux courants $I_{\max}$ pour les ondes courtes (telles que celles utilisées pour les essais de classe II) et I_{imp} pour les ondes longues (telles que celles utilisées pour les essais de classe I), associés à l'énergie admissible $E_{\max S}$ et $E_{\max L}$. Il est alors possible de vérifier un simple parafoudre conformément à l'essai de classe I ou à l'essai de classe II.

Il est nécessaire de coordonner les parafoudres 1 et 2, en utilisant leur énergie maximale admissible $E_{\max}$ pour les formes d'ondes des surtensions concernées, ce qui signifie qu'il est nécessaire de traiter deux cas:

- coordination avec des formes d'ondes de longue durée;
- coordination avec des formes d'ondes de courte durée.

En général, la coordination est plus facile à réaliser avec des ondes courtes.

NOTE Pour les parafoudres à commutation, il est également nécessaire de tenir compte des fronts de longue durée. Ce sujet est actuellement à l'étude au sein du comité d'études 81 de la CEI.

F.2 Etude analytique: cas simple de la coordination de deux varistances à l'oxyde de zinc (ZnO)

F.2.1 Généralités

Les analyses suivantes s'appliquent uniquement à un parafoudre à un port, soumis aux essais de classes I et II pour lesquels les courbes $U_{\text{res}}(I)$ sont connues. Ces courbes sont tracées en utilisant une forme d'onde 8/20 et sont données par le fabricant dans la documentation technique relative au parafoudre. Les dispositifs de classe III et les parafoudres à deux ports nécessitent une attention particulière (à l'étude).

Annex F (informative)

Co-ordination rules and principles

F.1 General

As described in 6.2.6, co-ordination between SPDs is made to achieve the energy criterion. This is based on the maximum energy withstand of the second SPD. However, this energy is sometimes dependent upon the waveshape and the tests, as described in IEC 61643-1. Generally performed with only one waveshape (8/20 for example for class II tests). For this reason, it is better and easier to get this value $E_{\max}$ direct from the manufacturer (most of the time it is printed in its technical documentation).

Two values are necessary to define satisfactorily the energy withstand of an SPD:

- $E_{\max S}$ for short-duration current waveshapes, for example, 8/20 (class II tests);
- $E_{\max L}$ for long-duration current waveshapes, for example, class I test waveshapes.

These two values $E_{\max S}$ and $E_{\max L}$ may be equal for some technologies.

The SPD is then characterized by two currents $I_{\max}$ for short waves (as used for class II tests) and I_{imp} for long waves (as used for class I tests), associated with the energy withstand $E_{\max S}$ and $E_{\max L}$. A simple SPD may then be tested according to class I test and class II test.

It is necessary to co-ordinate SPDs 1 and 2 using their maximum energy withstand $E_{\max}$ for the relevant surge waveshapes. That means that it is necessary to deal with two cases:

- co-ordination with long-duration waveshapes,
- co-ordination with short-duration waveshapes.

In general, co-ordination is easier to achieve with short waveshapes.

NOTE For switching type SPDs it is necessary to deal also with a long front time. Such a matter is under consideration in IEC technical committee 81.

F.2 Analytical studies: simple case of the co-ordination of two ZnO varistor based SPDs

F.2.1 General

The following considerations apply only to one-port limiting type SPD tested to class I and II where the curve $U_{\text{res}}(I)$ is known. These curves are measured using an 8/20 waveshape and are given by the manufacturer in the SPD technical documentation. Class III and two-port SPDs need special attention (under consideration).

Cet exemple permettra également de mieux comprendre le problème lié à la coordination. Il s'agira de traiter d'abord le cas des parafoudres n° 1 et n° 2 qui sont composés de varistances à l'oxyde de zinc, lorsqu'il est possible de réaliser une étude analytique. Il convient de noter qu'une telle étude analytique est uniquement fondée sur un partage du courant. Pour être sûr que le critère d'énergie est rempli, il est possible que l'on soit amené à effectuer des calculs supplémentaires, en général assez fastidieux.

- Si les deux varistances ont le même diamètre (même courant nominal de décharge I_n et même énergie admissible: I_{max} et I_{imp} identiques), mais présentent des niveaux de protection U_{p1} et U_{p2} différents (épaisseurs différentes), on a alors les équations suivantes:

$$I_{n1} = I_{n2}$$

$$I_{max1} = I_{max2}$$

$$I_{imp1} = I_{imp2}$$

Ainsi, les courbes possibles $U_{res}(I)$ sont illustrées à la figure F.1.

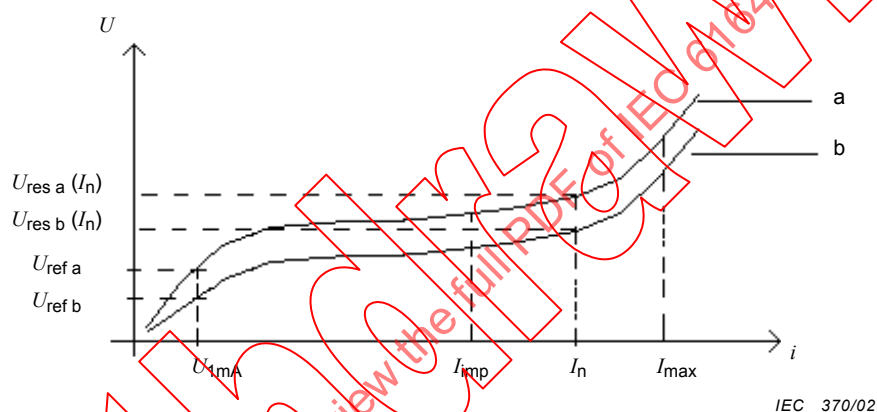


Figure F.1 – Deux varistances à l'oxyde de zinc ayant le même courant nominal de décharge

Si $U_{p1} > U_{p2}$: dans ce cas, la courbe a) correspond au parafoudre 1 et la courbe b) au parafoudre 2.

Cette coordination sera généralement acceptable avec des formes d'ondes courtes si $I >$ quelques mètres (habituellement entre 5 m et 10 m).

Avec des formes d'ondes longues, l'effet de découplage est réduit; par conséquent, il est possible que le parafoudre 2 soit amené à supporter la surtension totale entrante i . De toute manière, le parafoudre 2 est capable de supporter la contrainte totale et il a la même conception que le parafoudre 1.

Si $U_{p1} < U_{p2}$: dans ce cas, la courbe a correspond au parafoudre 2 et la courbe b correspond au parafoudre 1. Dans la plupart des cas, le courant traversant le second parafoudre est inférieur au courant incident.

Le critère d'énergie est rempli dans les deux cas car, dans les deux cas, les deux parafoudres ont le même courant admissible.

Ce premier cas a été étudié dans le seul but de comprendre le mécanisme, car le fait d'avoir deux parafoudres ayant la même énergie admissible ne présente aucun intérêt.

The example given below is to help in the understanding of the co-ordination issue. It deals firstly with the case of the SPDs 1 and 2 being made of ZnO varistors where an analytical study is possible. It should be noted that such an analytical study is based only on current sharing. To make sure that the energy criterion is fulfilled, additional calculations, which are in general rather difficult to make, may be needed.

- If the two varistors have the same diameter (and so have the same nominal discharge current I_n and the same energy withstand: same I_{max} and same I_{imp}) but have different voltage protection levels U_{p1} and U_{p2} (different thicknesses), we have then the following equations:

$$I_{n1} = I_{n2}$$

$$I_{max1} = I_{max2}$$

$$I_{imp1} = I_{imp2}$$

Then the possible curves $U_{res}(I)$ are illustrated in figure F.1.

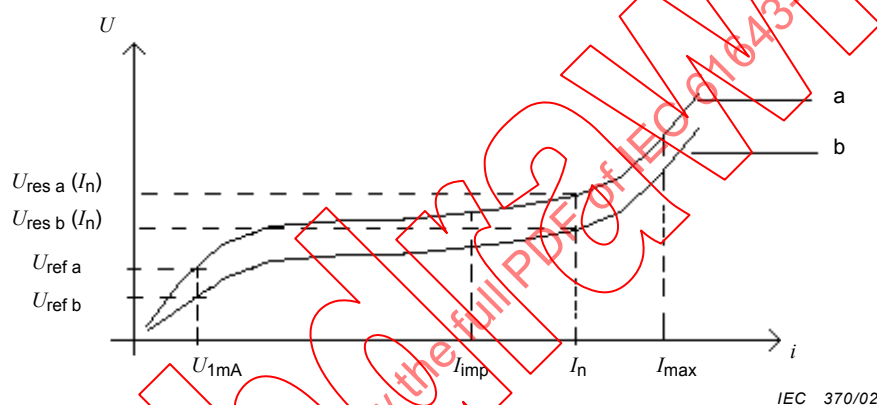


Figure F.1 – Two ZnO varistors with the same nominal discharge current

If $U_{p1} > U_{p2}$: in this case, curve a) corresponds to SPD 1 and b) to SPD 2.

This co-ordination will be in general acceptable with short waveshapes if $l >$ a few metres (typically between 5 m and 10 m).

With long waveshapes the decoupling effect is reduced; therefore SPD 2 may have to withstand the total incoming surge i . SPD 2 is able to withstand the total stress as it has the same design as SPD 1.

If $U_{p1} < U_{p2}$: in this case, curve a corresponds to SPD 2 and b to SPD 1 and so most of the current will flow through SPD 1. In this case the current flowing through the second SPD will be less than the impinging current.

The energy criterion is fulfilled in both cases as both SPDs have the same current-carrying capability.

This first case was discussed in order to explain the mechanism as there is little to be gained by having two SPDs with the same energy withstand capability.

- Si les deux varistances ont chacune un courant nominal de décharge différent

Pour cette application, on dispose d'un cas pratique: $I_{n1} > I_{n2}$ et $E_{max1} > E_{max2}$. Par ailleurs, le parafoudre 1 et le parafoudre 2 peuvent avoir des caractéristiques telles que $U_{res1}(I_{n1}) < U_{res2}(I_{n1})$. Dans ce cas, les courbes $U_{res}(I)$ sont telles qu'illustrées à la figure F.2. Aucune impédance n'est indiquée dans cette figure car il n'est pas facile d'en tenir compte dans le cadre d'une étude analytique. Dans ce cas, on peut observer à partir de la figure F.2, qu'avec une forme d'onde courte, la coordination sera bonne car la majeure partie du courant circulera à travers le premier parafoudre. Par contre, avec des formes d'ondes longues, la coordination pourrait s'avérer difficile à déterminer. Avec une forme d'onde longue et une amplitude de courant entrant inférieure à celle du courant au point d'intersection (voir figure F.2) des deux courbes, il est possible que l'on ne soit pas en mesure d'assurer la coordination. Une portion plus grande du courant entrant traverse le parafoudre 2, car la courbe U_{res2} devient inférieure à U_{res1} à ce niveau de courant. La présence d'une inductance devient alors nécessaire entre les deux parafoudres.

Par conséquent, il est nécessaire de comparer les courbes $U_{res}(I)$ avec I , dans l'intervalle allant de $0,1 \times I_{n2}$ à I_{max1} , pour vérifier si les courbes s'entrecroisent, au lieu de comparer seulement $U_{res1}(I_{n1})$ et $U_{res2}(I_{n2})$ (U_{p1} par rapport à U_{p2}) qui sont indiquées dans la documentation technique fournie par le fabricant. La valeur du courant, en ce point d'intersection I_{cr} (éventuel), doit être aussi faible que possible.

Dans ce cas, il existe une forte probabilité pour que le critère d'énergie soit rempli, car plus I_{cr} est faible et plus cette probabilité est élevée. En cas de doute, il est nécessaire de calculer l'énergie traversant le second parafoudre, en tenant compte de l'impédance entre les parafoudres et les formes d'ondes longues. Un tel calcul est difficile à effectuer par une méthode analytique.

Si l'on ne peut pas obtenir ces courbes, en raison d'un manque d'informations ou parce que l'on désire obtenir un résultat simple et rapide, on doit alors comparer les courbes U_{res1} et U_{res2} au même niveau. En pareil cas, la condition nécessaire pour assurer une coordination facile et convenable est: $U_{res1}(I_{n2}) < U_{res2}(I_{n2})$. Les courbes (illustrées à la figure F.2) remplissent cette condition mais, bien entendu, avec une telle varistance, on obtient peut-être une marge excessive. En outre, il est possible que la varistance ne soit pas en mesure de supporter les contraintes provenant du réseau, telles qu'une surtension temporaire.

De toute manière, dans ce cas, même si le courant circulant dans le second parafoudre est faible, il est possible que le critère d'énergie ne soit pas rempli pour des tensions de choc de longue durée. Il est possible que l'on soit amené à effectuer un calcul supplémentaire de l'énergie dans le second parafoudre. En outre, il est nécessaire de vérifier que la protection du matériel est toujours assurée (car un courant de faible intensité dans le parafoudre 2 peut engendrer une tension élevée due à la non-linéarité de la varistance).

- If the two varistors have different nominal discharge current

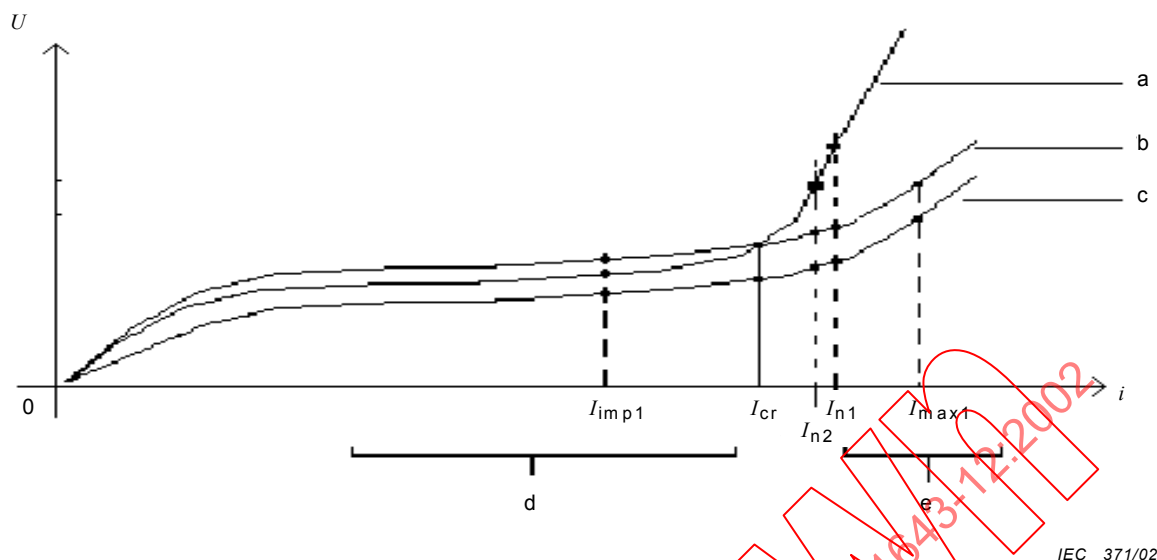
For this application a practical case is: $I_{n1} > I_{n2}$ and $E_{max1} > E_{max2}$. In addition, SPD 1 and SPD 2 can have characteristics such as $U_{res1}(I_{n1}) < U_{res2}(I_{n1})$. Then the $U_{res}(I)$ curves are illustrated in figure F.2. No impedance is present in this figure as it is not easy to take care of it in an analytical study. In this case, it can be seen from figure F.2 that with a short waveshape the co-ordination will be good as most of the current will flow through the first SPD. But with long waveshapes the co-ordination could be difficult to determine. The co-ordination, with a long waveshape and a magnitude of the incoming current lower than the current at the crossing point (see figure F.2) of the two curves, may not be achieved. A greater part of the incoming current flows through SPD2 as the U_{res2} curve is lower than U_{res1} at this level of current. An inductance therefore becomes necessary between the two SPDs.

Consequently, it is necessary to compare the curves $U_{res}(i)$ with I from $0,1 \times I_{n2}$ up to I_{max1} to check if they cross each other, instead of just comparing $U_{res1}(I_{n1})$ and $U_{res2}(I_{n2})$ (U_{p1} and U_{p2} respectively) which are given in the manufacturer's technical documentation. The current value at this crossing point I_{cr} (if any), needs to be as low as possible.

In this case, the energy criterion has a high probability of being fulfilled, the lower I_{cr} the higher the probability of success. If there is any doubt, the calculation of the energy through the second SPD is necessary taking care of the impedance between the SPDs and of the long waveshapes. Such a calculation is not easy to perform analytically.

If it is not possible to get these curves because of a lack of information or because a simple and quick result is needed then it is necessary to compare the curves U_{res1} and U_{res2} at the same level. In such a case, the condition for an easy and good co-ordination is $U_{res1}(I_{n2}) < U_{res2}(I_{n2})$. The conservative curves (illustrated in figure F.2) meet the case but, of course, with such a varistor there will perhaps be an unnecessary margin. In addition, this varistor may have a problem to withstand stresses coming from the network as a temporary overvoltage.

Anyway in this case, even if the current in the second SPD is low, the energy criterion may not be fulfilled for long-duration surges. Additional calculation of the energy through the second SPD may be necessary. In addition, it is necessary to check that the protection of the equipment is still obtained (as a low current in SPD2 may lead to a high voltage due to the non-linearity of the varistor).



Légende

- a Courbe correspondante au parafoudre 2
- b Courbe correspondante au parafoudre 1 (courbe coupant celle du parafoudre 2)
- c Courbe conservatoire correspondante au parafoudre 1 (courbe ne coupant pas celle du parafoudre 2)
- d Gamme de courant de chocs pour les ondes de longue durée
- e Gamme de courant de chocs pour les ondes de courte durée

Figure F.2 – Deux varistances à l'oxyde de zinc avec des courants nominaux de décharge différents

F.2.2 Conclusion

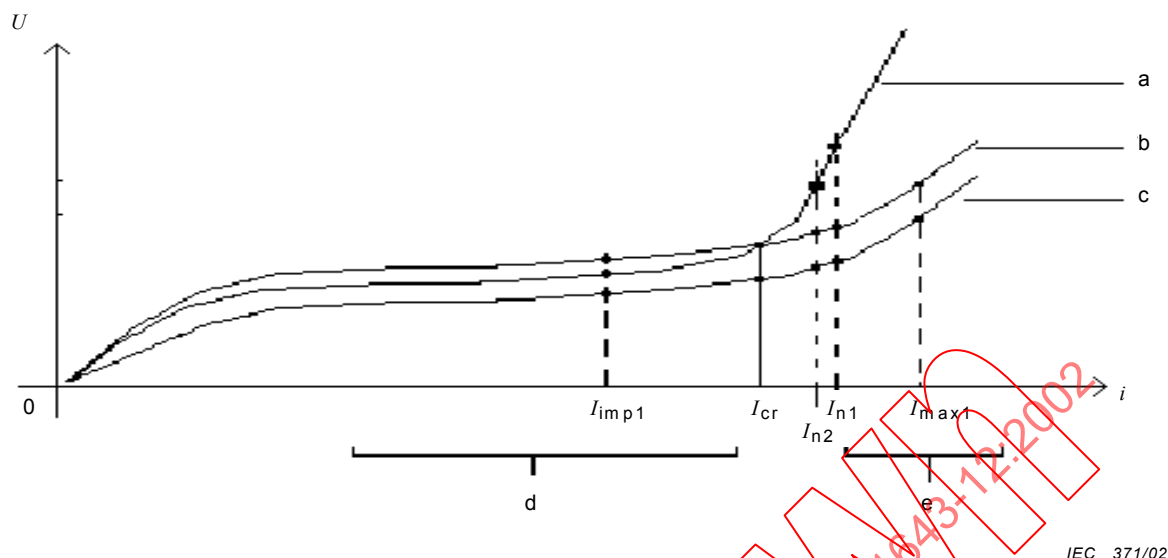
Dans tous les cas où il est nécessaire de coordonner deux varistances à l'oxyde de zinc, il convient de suivre les cinq étapes de la procédure suivante.

- a) Identifier les surtensions susceptibles de se produire en l'absence de tout parafoudre et faire une distinction entre des formes d'ondes courtes et des formes d'ondes longues.
- b) Choisir le parafoudre 1 capable de supporter cette contrainte. S'il n'est pas possible d'obtenir les informations requises à l'étape a), utiliser un parafoudre de dimensions suffisantes (voir analyse des risques) et obtenir les valeurs $I_{\max 1}$ et $I_{\text{imp}1}$ auprès des fabricants. Considérer alors ces valeurs comme celles données en a).
- c) Il convient alors de choisir le parafoudre 2 selon ses caractéristiques pour assurer la protection souhaitée.
- d) Comparer les courbes $U_{\text{res}}(I)$ avec I , dans l'intervalle compris entre $0,1 \times I_{n2}$ et $I_{\max 1}$. Déterminer ensuite le point d'intersection I_{cr} . Si ce courant I_{cr} est suffisamment faible (habituellement $0,1 \times I_{n2}$), il n'est pas nécessaire de calculer l'énergie dans le second parafoudre. Le critère d'énergie sera rempli quelle que soit la distance entre les parafoudres. En cas de doute, calculer l'énergie s'écoulant dans le second parafoudre en tenant compte de l'impédance entre les parafoudres et vérifier le critère d'énergie. Si de telles courbes ne sont pas disponibles, choisir alors le parafoudre 2 avec les exigences simplifiées suivantes.

Si le parafoudre 2 a le même courant nominal de décharge: $U_{\text{res}1}(I_n) < U_{\text{res}2}(I_n)$.

Si le parafoudre 2 a un courant nominal de décharge plus faible: $U_{\text{res}1}(I_{n2}) < U_{\text{res}2}(I_{n2})$.

Il serait alors plus judicieux de calculer l'énergie dans le parafoudre 2 pour vérifier le critère d'énergie et de vérifier que la protection est toujours assurée.



IEC 371/02

Key

- a Curve corresponding to SPD2
- b Curve corresponding to SPD1 (curve crossing curve for SPD2)
- c Conservative curve corresponding to SPD1 (curve not crossing curve of SPD2)
- d Surge current range for long-duration waves
- e Surge current range for short-duration waves

Figure F.2 – Two ZnO varistors with different nominal discharge currents**F.2.2 Conclusion**

In every case where two ZnO varistors need to be co-ordinated, the following five-step procedure should be used.

- a) Identify the overvoltages expected to occur in the absence of any SPD and make a distinction between long waveshapes and short waveshapes.
- b) Choose SPD1 in order to be able to withstand this stress. If it is not possible to get information at step a), use a sufficiently dimensioned SPD (see risk analysis) and obtain from the manufacturers the values $I_{\max 1}$ and $I_{\text{imp}1}$. Then consider these values alongside the data given by a).
- c) SPD2 should then be selected according to its desired protective characteristics.
- d) Compare the curves $U_{\text{res}}(I)$ with I from $0,1 \times I_{n2}$ up to $I_{\max 1}$. Then determine the crossing point I_{cr} . If this current I_{cr} is low enough (typically $0,1 \times I_{n2}$) then it is not necessary to calculate the energy in the second SPD. The energy criterion will be fulfilled whatever the distance between the SPDs. If there is any doubt, calculate the energy through the second SPD taking into consideration the impedance between the SPDs and check the energy criterion. If such curves are not available then choose SPD 2 with the following simplified requirements.

If SPD2 has the same nominal discharge current: $U_{\text{res}1}(I_n) < U_{\text{res}2}(I_n)$.

If SPD2 has a smaller nominal discharge current: $U_{\text{res}1}(I_{n2}) < U_{\text{res}2}(I_{n2})$.

It would then be wise to calculate the energy in SPD2 to check the energy criterion and to check that the protection is still obtained.

e) Répéter la procédure jusqu'à ce que l'étape c) permette d'obtenir un résultat satisfaisant.

NOTE 1 Les valeurs de tension (généralement désignée par tension de référence) pour un courant très faible ne sont pas applicables à la coordination.

NOTE 2 Dans tous les cas (avec ou sans varistances à l'oxyde de zinc), les considérations relatives à la CEM (compatibilité électromagnétique) exigent que le courant traversant le parafoudre 2 soit aussi faible que possible.

NOTE 3 Les courbes $U_{res}(I)$ sont des valeurs maximales. Il est nécessaire de tenir compte de la variation des caractéristiques, due à des tolérances de fabrication.

NOTE 4 Il est possible de généraliser les études précédentes à plus de deux parafoudres.

F.3 Etude analytique: cas de la coordination entre un éclateur et un parafoudre à varistance à l'oxyde de zinc

F.3.1 Généralités

Un autre cas couramment employé consiste à utiliser un éclateur en tant que parafoudre 1 et une varistance à l'oxyde de zinc en tant que parafoudre 2. Voir figure F.3. Dans ce cas, la coordination est assurée lorsqu'un amorçage se produit avant que le parafoudre 2 ne subisse une contrainte excessive.

Avant cet amorçage, on a

$$U_1 = U_{res2}(i) + L \times di/dt$$

Etant donné que cette valeur $U_{res2}(i)$ n'est généralement pas connue, la formule suivante est utilisée pour obtenir un résultat par défaut.

$$U_1 = U_{ref2}(i) + L \times di/dt$$

où U_{ref2} est la tension de référence de la varistance à l'oxyde de zinc. Cette tension de référence est un paramètre caractérisant la varistance, qui est situé très près du point d'inflexion de la caractéristique U en fonction de i .

Dès que U_1 dépasse la tension dynamique (U_{dyn}) d'amorçage de l'éclateur, on obtient la coordination, car le second parafoudre ne subit plus de contrainte. Elle dépend uniquement des caractéristiques de la varistance à l'oxyde de zinc (parafoudre 2), de la tension dynamique d'amorçage de l'éclateur (parafoudre 1), de la vitesse de montée et de l'amplitude de l'onde de choc incidente i et de la distance d , séparant les parafoudres (l'inductance L fait partie de l'impédance Z car, dans ce cas, on suppose que R est négligeable).

F.3.2 Exemple de calcul des valeurs requises estimées pour une inductance de découplage entre un éclateur et une varistance

La réduction d'espace, rencontrée dans des stations cellulaires d'émission-réception radio moderne a permis de constater qu'un parafoudre de type varistance à oxyde métallique (MOV), situé en aval, est susceptible de rétablir le niveau d'une tension transitoire à un niveau bien inférieur à la tension d'amorçage d'un éclateur primaire. Ceci empêchera le fonctionnement de l'éclateur et permettra à toute l'énergie incidente d'être transmise à la varistance à l'oxyde métallique (MOV). Dans des conditions plus normales, la distance entre des parafoudres utilisera l'inductance propre du câble d'alimentation et garantira un découplage suffisant pour assurer l'actionnement de l'éclateur.

Il reste toujours une possibilité pour que la tension transitoire incidente se soit dispersée par des trajets parallèles à un point tel que la tension ne suffit plus à amorcer l'éclateur. Dans ce cas, le parafoudre situé en aval doit avoir des caractéristiques nominales suffisantes pour absorber individuellement l'énergie totale.

e) Repeat until step c) gives a satisfactory result.

NOTE 1 The values of voltage at very low current (generally called reference voltage) are not applicable for co-ordination.

NOTE 2 In any case (with or without ZnO varistors) EMC (electromagnetic compatibility) considerations require that the current flowing through SPD2 be as small as possible

NOTE 3 The curves $U_{res}(I)$ are maximum values. It is necessary to take into consideration the variation in characteristics due to manufacturing tolerances.

NOTE 4 The previous studies can be generalized to more than two SPDs.

F.3 Analytical study: case of co-ordination between a gap-based SPD and a ZnO varistor based SPD

F.3.1 General

Another commonly used case is the use of a gap as SPD1 with a ZnO varistor as SPD2. See figure F.3. In this case the co-ordination is achieved when a sparkover occurs before SPD2 is overstressed.

Before this sparkover, we have

$$U_1 = U_{res2}(i) + L \times di/dt$$

As this value $U_{res2}(i)$ is not known in general, the following formula is used which gives a conservative result:

$$U_1 = U_{ref2}(i) + L \times di/dt$$

where U_{ref2} is the reference voltage of the ZnO varistor 2. This reference voltage is a parameter characterising the varistor and which is very close to the knee point of the U versus i characteristic.

As soon as U_1 exceeds the dynamic sparkover voltage of the gap (U_{dyn}), co-ordination is achieved, and just a small part of the current flows through the second SPD. It depends on the characteristics of the ZnO varistor (SPD 2), the dynamic sparkover voltage of the gap (SPD 1), the rate-of-rise and magnitude of the incoming surge, i , and the separation distance, d , between the SPDs (the inductance, L , part of the impedance Z is used as R is assumed to be negligible in this case).

F.3.2 Example of the calculation of the estimated values required for a decoupling inductance between a gap and a varistor

The limitation of physical space within, for example, a modern cellular radio base station is such that a downstream MOV-based SPD may limit transients at a voltage level well below the trigger voltage of an upstream gap-based SPD. This will prevent operation of the gap and allow all the incident energy to reach the MOV-based SPD. In a larger space, the cabling distance between SPDs will be longer, and hence may provide sufficient inductance to spark gap operation.

There always remains the possibility that the incident transient has dispersed through parallel paths to the degree that there will be insufficient voltage to trigger the gap. In this case the downstream SPD shall have a sufficient rating to absorb the total energy on its own.

A des niveaux d'énergie plus élevés, le non-fonctionnement de l'éclateur permettra à une quantité excessive d'énergie d'atteindre et de détruire le parafoudre situé en aval. On réalise la coordination en garantissant la présence d'une impédance de découplage en série suffisante pour provoquer l'actionnement de l'éclateur, à tous les niveaux d'énergie situés au-dessus de la limite du parafoudre situé en aval.

La valeur d'inductance requise pour assurer la coordination peut être déterminée facilement. Premièrement, il convient de connaître les paramètres de l'éclateur. Les éclateurs doivent fonctionner en-dessous de 4 kV et en moins de 200 ns.

Deuxièmement, il convient de connaître les paramètres du parafoudre situé en aval. Un appareil caractéristique, prévu pour une tension nominale de 275 V alternatif, devrait commencer à rétablir le niveau de tension à environ 430 V. Il devrait avoir un courant I_n de 5 kA, fondé sur un essai de classe II utilisant une impulsion de 8 μ s à 20 μ s.

Cependant, il faut se souvenir que l'éclateur est nominalelement prévu pour subir des essais de classe I utilisant une impulsion de 10 μ s à 350 μ s ou une autre impulsion de choc présentant un temps de descente de longue durée. La valeur nominale du courant de crête du parafoudre situé en aval doit être réduite pour tenir compte de l'énergie supplémentaire liée à cette classe d'impulsion. Le facteur de réduction est normalement de 4.1. Par conséquent, la valeur nominale du courant de crête est réduite de 5 kA à 1,25 kA. Un temps de montée de 10 μ s engendre un di/dt de 125 A/ μ s.

L'inductance requise pour assurer un fonctionnement fiable de l'éclateur peut à présent être calculée à partir de l'équation:

$$U = L \times di/dt + I \times R$$

où

U est la tension d'amorçage de l'éclateur;

di/dt est la vitesse de montée de l'impulsion incidente;

$I \times R$ est la chute de tension aux bornes du parafoudre en aval (il convient de noter que R est une valeur non linéaire).

Dans ce cas

$$L = \frac{U - I \times R}{di/dt}$$

Dans la mesure où l'éclateur amorce en moins de 200 ns, le courant circulant dans le parafoudre en aval sera

$$I = 0,2/10 \times 1\,250\text{ A} = 25\text{ A}$$

La tension $I \times R$ devrait être de l'ordre de 600 V

Par conséquent

$$L = \frac{4\,000 - 600}{125 \times 10^{-6}}$$

ou

$$L = 27,2\text{ }\mu\text{H}$$

Cette inductance peut être une simple valeur unique localisée, une longueur de câble d'alimentation de 27,2 m, en supposant une inductance de 1 μ H par mètre linéaire, ou que cette inductance soit une combinaison entre une longueur de câble et une inductance de plus faible valeur.

At higher energy levels, non-operation of the spark gap will allow excess energy to reach the downstream SPD and cause its destruction. Co-ordination is achieved by ensuring that there is sufficient series decoupling impedance to ensure gap operation at all energy levels above the limit of the downstream SPD.

The value of inductance required to ensure co-ordination can be calculated simply. Firstly, the parameters of the gap need to be known. Spark gaps will typically trigger below 4 kV and within 200 ns.

Secondly, the downstream SPD parameters should be known. A typical unit rated 275 V a.c. would start limiting at approximately 430 V. It might have an I_n of 5 kA based on class II testing using an 8 µs to 20 µs.

However, it must be remembered that the gap is rated for class I testing assuming a 10 µs to 350 µs or equivalent long tail impulse. The peak current of the downstream SPD must be derated to cater for the additional energy of this class of impulse. The derating factor is assumed to be 4:1. Therefore, the peak current rating reduces from 5 kA to 1,25 kA. A 10 µs rise time produces a di/dt of 125 A/µs.

The required inductance to ensure reliable operation of the gap can now be calculated from the equation:

$$U = L \times di/dt + I \times R$$

where

U is the spark gap trigger voltage;

di/dt is the rate of rise of the incident impulse;

$I \times R$ is the voltage drop across the downstream SPD (note that R is a non-linear value).

In the case

$$L = \frac{U - I \times R}{di/dt}$$

Assuming the gap will trigger within 200 ns the current flowing into the downstream SPD will be

$$I = 0,2/10 \times 1\,250\text{ A} = 25\text{ A}$$

The voltage $I \times R$ would be in the order of 600 V

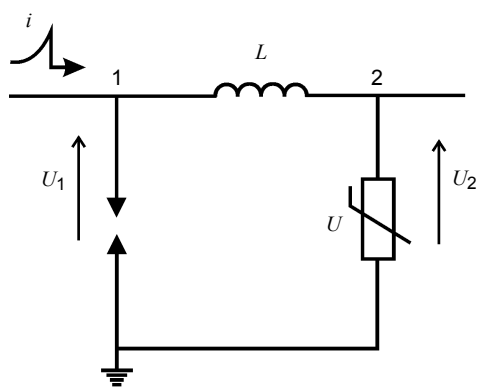
Therefore

$$L = \frac{4\,000 - 600}{125 \times 10^{-6}}$$

or

$$L = 27,2\text{ }\mu\text{H}$$

This inductance may be a single lumped value, a 27,2 m length of power cable assuming an inductance of 1 µH per metre length, or it may be a combination of a length of cable and an inductor of lower value.



Légende

L Inductance

Figure F.3 – Exemple de coordination d'un éclateur et d'un parafoudre à varistance ZnO

Cet exemple permettra d'obtenir des conditions générales pour étudier ce type de coordination.

F.3.3 Conclusion

Une fois le parafoudre 1 (éclateur) choisi, il est nécessaire de choisir le parafoudre 2 de manière à remplir la condition suivante:

- pour une onde de choc incidente correspondant à une onde d'essai de classe I:

$$U_{\text{dyn}} < U_{\text{ref2}} + L \times I_{\text{crête2}}/10$$

- pour une onde de choc incidente correspondant à une onde d'essai de classe II:

$$U_{\text{dyn}} < U_{\text{ref2}} + L \times I_{\text{max2}}/8$$

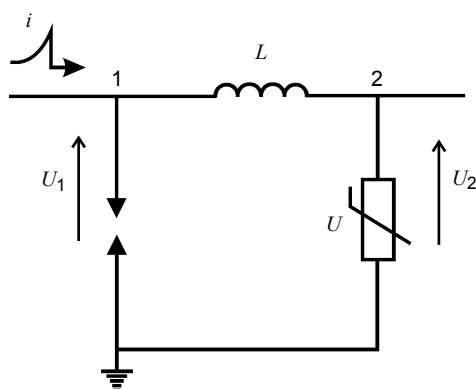
Ces règles donnent un résultat par défaut. Lorsque des valeurs plus faibles de L sont exigées, il est nécessaire de procéder à une simulation sur ordinateur.

NOTE D'autres cas peuvent donner des résultats plus sévères, notamment lors de l'utilisation de fronts d'ondes de plus longue durée actuellement à l'étude. Le CE 81 de la CEI étudie actuellement une durée de front plus importante: 100 μ s.

F.4 Etudes analytiques: coordination générale de deux parafoudres

L'étude du cas associant deux varistances, ou du cas associant un éclateur et une varistance à l'oxyde de zinc, montre bien la complexité du problème de coordination. En outre, sachant que les courbes u fonction de i sont rarement connues et qu'en réalité, il est nécessaire de tenir compte de tolérances élargies, il est clair que des études analytiques ne peuvent concerner que des cas simples. Dès que le calcul de l'énergie traversant les seconds parafoudres s'avère nécessaire, il est plus facile de procéder à une simulation. Le principal intérêt d'une telle méthode d'analyse réside dans le fait qu'elle permet à l'utilisateur de mieux comprendre les phénomènes qui se produisent.

Quelle que soit la technologie utilisée pour réaliser les parafoudres, les règles générales données plus haut, et plus particulièrement le critère d'énergie mentionné en 6.2.6, sont toujours applicables.



IEC 372/02

Key L Inductance**Figure F.3 – Example of co-ordination of a gap-based SPD and a ZnO varistor based SPD**

Using this example, general conditions can be obtained to design this kind of co-ordination.

F.3.3 Conclusion

When the gapped SPD 1 has been chosen, it is necessary to select the SPD 2 by fulfilling the requirement:

- for an incoming surge corresponding to a class I test wave:

$$U_{\text{dyn}} < U_{\text{ref2}} + L \times I_{\text{peak2}}/10$$

- for an incoming surge corresponding to a class II test wave:

$$U_{\text{dyn}} < U_{\text{ref2}} + L \times I_{\text{max2}}/8$$

These rules give a conservative result. When a smaller value of L is unavoidable, a computer simulation is needed to check if co-ordination is achieved.

NOTE Other cases can give more severe results, especially using longer wavefronts which are under consideration. TC 81 of the IEC is presently studying a longer front time: 100 μs .

F.4 Analytical study: general co-ordination of two SPDs

The study of the case of two varistors or of the gap-ZnO scheme clearly shows the complexity of the problem of co-ordination. Allowing for the fact that the curves u versus i are rarely known and that in reality it is necessary to deal with wide tolerances, it is clear that analytical studies are just dedicated to simple cases. As soon as the energy through the second SPD needs to be calculated, it is easier to perform a simulation. The main interest of such an analytical method is to allow the user to better understand what the phenomena are.

Whatever the SPD technology, the general rules given above and especially the energy criterion presented in 6.2.6 are still applicable.

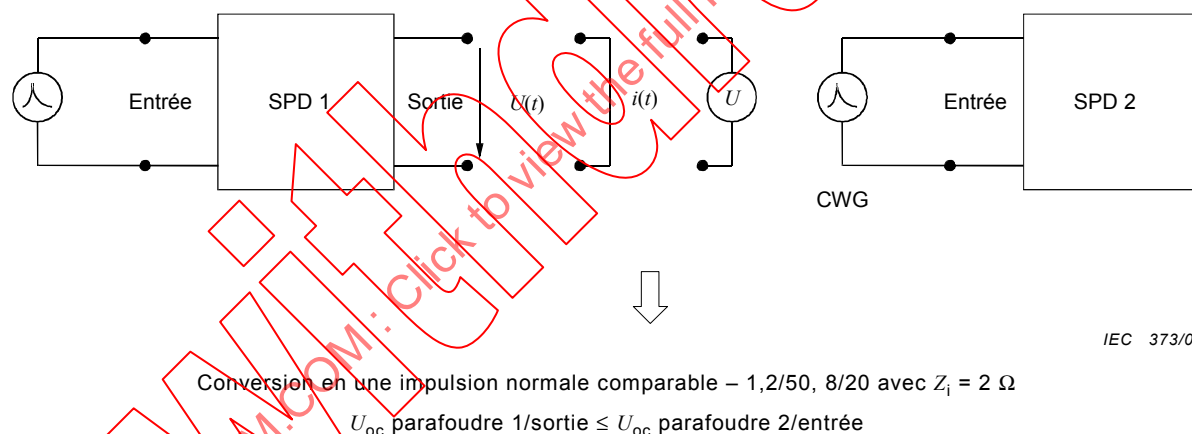
En général, l'obtention d'une coordination acceptable exige du fabricant ou de l'utilisateur qu'il procède à des simulations ou à des essais, ou qu'il emploie la méthode simplifiée présentée ci-dessous.

Il est possible qu'un matériel contienne un parafoudre dont la caractéristique n'est pas connue. Etant donné que le matériel en question est susceptible d'être remplacé pendant la durée de vie de l'installation, il convient de veiller à ce que le matériel du parafoudre ne soit pas soumis à des contraintes excessives en raison d'un manque de coordination.

F.5 Méthode d'énergie de non-fonctionnement (LTE)

F.5.1 Généralités

La coordination avec les paramètres d'une impulsion normale, comme décrite dans la CEI 61312-4, est une procédure permettant de choisir et de coordonner des parafoudres. Le principal avantage offert par cette méthode réside dans le fait qu'elle permet de considérer un parafoudre comme une boîte noire (voir figure F.4). Ainsi, pour une impulsion de choc donnée appliquée à l'entrée, on peut déterminer (principe de l'énergie de non-fonctionnement) non seulement la tension à circuit ouvert, mais également un courant de sortie (par exemple dans un court-circuit). Ces caractéristiques de sortie sont converties à une contrainte équivalente d'onde à combinaison 2 Ω (tension à circuit ouvert 1,2/50, courant de court-circuit 8/20). L'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire de connaître en détail la conception interne des parafoudres.



Légende

U Tension de charge

Figure F.4 – LTE – Méthode de coordination avec les paramètres d'une impulsion normale

Le but de cette méthode de coordination est de rendre les valeurs d'entrée d'un parafoudre 2 (par exemple courant de décharge) comparables avec les valeurs de sortie d'un parafoudre 1 (par exemple niveau de protection en tension).

S'il s'agit d'une protection échelonnée, il est nécessaire de considérer que l'impulsion hybride équivalente d'entrée qui peut être déchargée (sans détérioration) par le parafoudre suivant est égale ou supérieure à l'impulsion hybride équivalente de sortie du parafoudre précédent.

Pour obtenir une coordination fiable, l'impulsion hybride équivalente doit être impérativement déterminée dans le pire des cas de contrainte (I_{max} , U_{max} , énergie de non-fonctionnement).

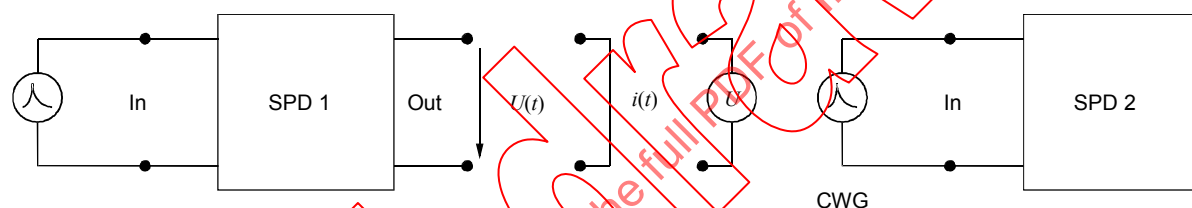
To achieve an acceptable co-ordination generally requires simulations or tests to be performed by the manufacturer or by the user or use of the simplified method presented below.

It is possible that SPDs of unknown characteristic may be internally located in equipment. Since equipment may be changed during the life of the installation, care should be exercised to ensure that the equipment SPD is not overstressed due to the lack of co-ordination.

F.5 Let-through energy (LTE) method

F.5.1 General

The co-ordination with standard impulse parameters, as described in IEC 61312-4, is a procedure to select and co-ordinate SPDs. The main advantage of this method is the possibility of considering an SPD like a black box (see figure F.4). Here, for a given surge at the input port not only the open-circuit voltage, but also an output current (for example, into a short circuit) is determined (principle of "let-through energy"). These output characteristics are converted into an equivalent "2 Ω -combination wave"-stress (open-circuit voltage 1,2/50, short-circuit current 8/20). The advantage is that there is no need for special knowledge of the internal design of the SPDs.



IEC 373/02

Conversion into a comparable standard impulse – 1,2/50, 8/20 with $Z_i = 2 \Omega$.

$$U_{oc} \text{ SPD1/out} \leq U_{oc} \text{ SPD2/in}$$

Key

U Load voltage

Figure F.4 – LTE – Co-ordination method with standard pulse parameters

The aim of this co-ordination method is to make the input values of SPD2 (for example, discharge current) comparable to the output values of an SPD1 (for example, voltage protection level).

With stepped protection, it shall be considered that the equivalent input hybrid impulse which can be discharged by the following SPD (without damage) is equal to, or higher than, the equivalent output hybrid impulse of the preceding SPD.

For reliable co-ordination, the equivalent hybrid impulse shall be determined for the worst case of the stressing (I_{max} , U_{max} , let-through energy).

Le cas le plus défavorable pour la conception de l'élément de découplage est donné par un court-circuit. Mais cette méthode ne convient pas pour la coordination. Il est plus réaliste que le cas le plus défavorable soit donné par une «tension côté charge» (ci-après désignée par «contre-tension»).

Le parafoudre situé en aval d'un éclateur consiste habituellement en une varistance à l'oxyde de zinc. La tension résiduelle d'un tel parafoudre est, dans tous les cas, supérieure à la valeur de crête de la tension d'alimentation nominale (par exemple dans un réseau alternatif présentant une tension nominale de 240 V, la tension d'alimentation de crête est égale à $\sqrt{2} \times 240 = 340$ V, ce qui représente une valeur inférieure à la tension de référence des parafoudres installés). Cette tension d'alimentation nominale de crête correspond à la tension résiduelle la plus faible possible des parafoudres. Par conséquent, cette tension de crête doit être prise comme la contre-tension la plus faible possible. Si on utilise le courant dans un court-circuit, au lieu de supposer la présence d'une contre-tension, cela donnerait lieu à un surdimensionnement de l'élément de découplage.

NOTE 1 Cette méthode a donné des résultats satisfaisants lorsque les caractéristiques d'un parafoudre 1 sont si différentes de celles d'un parafoudre 2 que la condition d'impulsion de choc sur le parafoudre 2 correspond à des quasi-conditions d'un courant appliqué, par exemple dans le cas de la coordination entre un éclateur et une varistance MOV, cette condition est remplie.

NOTE 2 Les restrictions à l'utilisation de la méthode sont les suivantes:

- pour assurer l'obtention d'un résultat par défaut, il convient que l'élément de découplage soit inclus dans la méthode en tant que partie intégrante du second parafoudre;
- pour assurer l'obtention d'un résultat par défaut, il convient que la «contre-tension» proposée soit égale à zéro dans le cas d'un composant de commutation appartenant au second parafoudre;
- lorsque le second parafoudre contient un composant de commutation, il y a une possibilité pour que le résultat soit sous-estimé à cause d'un amorçage de ce composant, ce qui n'est en fait pas réaliste mais uniquement dû à la méthode. En pareil cas, il est nécessaire de faire bien attention lors de la mise en application de la méthode;
- il convient de considérer que la forme d'onde de l'impulsion de choc injectée à l'entrée de l'installation présente une forme d'onde de courant et une forme d'onde de tensions égales à (10/350 ou 8/20). L'amplitude du courant de choc i est généralement connue. La grandeur d'une tension de choc U dépend de l'impédance de choc du réseau;
- il convient que l'étude tienne compte des tolérances sur les caractéristiques des parafoudres.

F.5.2 Méthode

La méthode exposée ci-dessous donne généralement une valeur par défaut pour l'élément de découplage (impédance) entre les deux parafoudres. Cela signifie que, si l'on place une telle impédance entre les deux parafoudres, la coordination agira généralement mieux que celle prédite par le calcul.

La méthode: fondamentalement, cette méthode consiste à représenter la sortie de chaque parafoudre comme un générateur combiné (CWG) équivalent, défini par une tension à vide U_{OC} 1,2/50 et un courant de court-circuit I_{SC} 8/20, l'impédance du générateur étant égale à 2Ω ($U_{OC} = 2 \times I_{SC}$).

Des parafoudres, vérifiés conformément aux essais de classe III, sont déjà vérifiés par un tel CWG. Dans le cas de parafoudres vérifiés conformément aux essais de classe II, il est nécessaire de considérer que $I_{SC} = I_{max}$.

Le parafoudre situé à l'avant peut être vérifié conformément aux essais de classe I, dans le cas où la foudre atteint directement la structure, ou conformément aux essais de classe II.

La tension, à la sortie de chaque parafoudre, présentera en général une forme d'onde qui n'est pas directement liée aux formes d'ondes 1,2/50 et 8/20. Il est alors nécessaire de normaliser les formes d'ondes réelles afin de les convertir en ondes 1,2/50 ou 8/20.

The worst case for the design of the decoupling element is given by a short circuit. But for co-ordination purposes this is too strenuous. It is more realistic to include a "load side voltage" (called hereafter "counter voltage").

The SPD downstream of a spark gap usually consists of a ZnO varistor. The residual voltage of such an SPD is in any case higher than the peak value of the nominal power supply voltage (for example, in an a.c. system with a nominal voltage of 240 V the peak power voltage is $\sqrt{2} \times 240 = 340$ V, which is below the reference voltage of the installed SPDs). This peak nominal power supply voltage corresponds to the lowest possible residual voltage of SPDs. Therefore this peak voltage can be taken as the minimum possible counter voltage. Using the current in a short circuit instead of assuming a counter-voltage would result in an over-dimensioning of the decoupling element.

NOTE 1 This method provides good results when the characteristics of SPD 1 are so different from those of SPD 2 that the surge conditions on SPD 2 are quasi impressed current conditions, for example in case of the co-ordination between a spark gap and an MOV, this condition is fulfilled.

NOTE 2 Restrictions on the use of the method are as follows:

- to be sure to get a conservative result, the decoupling element should be included in the method as a part of the second SPD;
- to be sure to get a conservative result, the "counter-voltage" proposed should be equal to 0 where the second SPD contains a switching component;
- when the second SPD contains a switching component there is a possibility that the result is underestimated due to this method not being truly realistic in modelling the switching component. In such case, care shall be used in the application of the method;
- the waveshape of the surge injected at the entrance of the installation should be considered as having a current waveshape and a voltage waveshape which are equal (10/350 or 8/20). The magnitude of the surge current i is in general known. The magnitude of a surge voltage U depends on the surge impedance of the system;
- the study should take care of the tolerances on the SPD characteristics.

F.5.2 Method

The method described below generally gives a conservative value for the decoupling element (impedance) between the two SPDs. This means that, if such an impedance is installed between the two SPDs, the co-ordination will generally act better than predicted by the calculation.

The method: the basis of this method is to represent the output of each SPD as an equivalent combination wave generator (CWG), defined by a no-load voltage U_{oc} 1,2/50 and a short-circuit current I_{sc} 8/20, the impedance of the generator being 2Ω ($U_{oc} = 2 \times I_{sc}$).

SPDs tested according to class III tests are already tested by such a CWG. In the case of SPDs tested according to class II tests it is necessary to consider that $I_{sc} = I_{max}$.

The SPD at the front may be tested according to class I tests in the case of direct lightning on the structure or according to class II tests.

The voltage at the output of each SPD will have in general a waveshape which is not directly connected to the waveshapes 1,2/50 and 8/20. It is then necessary to normalise the actual waveshapes in order to convert them in the 1,2/50 and 8/20 waves

Il est possible d'y parvenir en calculant les valeurs suivantes:

valeur de crête de $u = \hat{u}$, $\int u \, dt$ et $\int u^2 \, dt$

valeur de crête de $i = \hat{i}$, $\int i \, dt$ et $\int i^2 \, dt$

NOTE Il convient que les unités utilisées dans les formules et les tableaux soient homogènes.

Ces valeurs sont ensuite utilisées dans le tableau F.1:

Tableau F.1

Tension	$\hat{u}$	$\int u \, dt$	$\sqrt{\int u^2 \, dt}$
Courant	$\hat{i}$	$\int i \, dt$	$\sqrt{\int i^2 \, dt}$

Pour un CWG ayant une amplitude de 1 V (tableau F.2), on obtient le tableau suivant:

Tableau F.2

Tension	1	70×10^{-6}	6×10^{-3}
Courant	0,5	12×10^{-6}	2×10^{-3}

Ainsi, si l'on divise chaque cellule du tableau F.1 par la cellule équivalente du tableau F.2, on obtient un nouveau tableau F.3:

Tableau F.3

Tension	$\hat{u}$	$\int u \, dt / (70 \times 10^{-6})$	$\sqrt{\int u^2 \, dt / (6 \times 10^{-3})}$
Courant	$\hat{i} \times 2$	$\int i \, dt / (12 \times 10^{-6})$	$\sqrt{\int i^2 \, dt / (2 \times 10^{-3})}$

La valeur maximale dans le tableau F.3 donne la valeur U_{oc} (CWG), la valeur équivalente de U_{oc} du CWG correspondant à la sortie du parafoudre.

Dès que le parafoudre situé en aval a été vérifié conformément aux essais de classe III avec un CWG ayant une tension à vide $U_{oc \, test}$ (ou un CWG équivalent dans le cas d'essais de classe II), il est possible de dire immédiatement si la coordination est correcte ou non. Pour cela, il suffit de vérifier que $U_{oc \, test} > U_{oc \, CWG}$.

La valeur à la sortie du parafoudre, pour une contrainte donnée à l'entrée, est à calculer à l'aide de logiciels de simulation. Il n'est pas nécessaire de les calculer chaque fois car il est possible que ces valeurs soient calculées par le fabricant lui-même. Pour chacun de ses produits, il peut calculer le CWG équivalent de sortie pour une contrainte donnée (I_{imp} pour des essais de classe I, ou I_{max} pour des essais de classe II, ou $U_{oc \, max}$ du CWG pour des essais de classe III) en faisant attention aux tolérances applicables aux caractéristiques du parafoudre ainsi qu'à toute zone aveugle (parfois, la contrainte la plus importante à la sortie du parafoudre n'est pas donnée par les valeurs maximales I_{imp} , I_{max} et $U_{oc \, max}$ mais pour des valeurs plus faibles).

This is done by calculating the following values:

crest value of $u = \hat{u}$, $\int u \, dt$ and $\int u^2 \, dt$

crest value of $i = \hat{i}$, $\int i \, dt$ and $\int i^2 \, dt$

NOTE The units used in the formulae and in the tables should be consistent.

These values are then used in table F.1.

Table F.1

Voltage	$\hat{u}$	$\int u \, dt$	$\sqrt{\int u^2 \, dt}$
Current	$\hat{i}$	$\int i \, dt$	$\sqrt{\int i^2 \, dt}$

The same table for a CWG with an amplitude of 1 V (table F.2) is:

Table F.2

Voltage	1	70×10^{-6}	6×10^{-3}
Current	0,5	12×10^{-6}	2×10^{-3}

So dividing each cell of table F.1 by the equivalent cell of table F.2, we get a new table, table F.3:

Table F.3

Voltage	$\hat{u}$	$\int u \, dt / (70 \times 10^{-6})$	$\sqrt{\int u^2 \, dt / (6 \times 10^{-3})}$
Current	$\hat{i} \times 2$	$\int i \, dt / (12 \times 10^{-6})$	$\sqrt{\int i^2 \, dt / (2 \times 10^{-3})}$

The maximum value in table F.3 gives the value U_{oc} (CWG), the equivalent value of U_{oc} of the CWG corresponding to the output of the SPD.

As soon as the downstream SPD has been tested according to the class III tests with a CWG having a no-load voltage $U_{oc \text{ test}}$ (or an equivalent CWG in case of class II tests), it is possible to say immediately if the co-ordination is satisfactory. It is sufficient to check that $U_{oc \text{ test}} > U_{oc \text{ CWG}}$.

The value at the output of the SPD, for a given stress at the input, has to be calculated by using simulation software. It does not need to be calculated each time as such values may be calculated by the manufacturer. For each product, the manufacturer may calculate the output equivalent CWG impulse for a given stress (I_{imp} for class I tests or I_{max} for class II tests or $U_{oc \text{ max}}$ of the CWG for class III tests) taking care both of the tolerances on the SPD characteristics and any blind spot (sometimes the most important stress at the output of the SPD is not given by the maximum values I_{imp} , I_{max} and $U_{oc \text{ max}}$ but for lower values).

Annexe G (informative)

Exemples d'utilisation

NOTE Cette annexe présente des systèmes hypothétiques pour des installations domestiques ou industrielles ainsi que pour des tours de relais hertziens où sont installés des parafoudres. La présente annexe est destinée à fournir des informations sur le choix des parafoudres dans des situations limitées pour illustrer les principes d'utilisation contenus dans la présente norme. Elle n'a pas pour vocation de traiter les conditions particulières susceptibles d'être rencontrées dans toutes les installations ou réseaux.

G.1 Utilisation domestique

Nature du réseau HTA: ligne aérienne de 10 km.

Nature du réseau BT (230/400 V): ligne aérienne de 1 000 m; câble souterrain de 200 m.

N_g : 2 coups de foudre/km²/an (voir 4.1.1).

Emplacement de la structure à protéger: sur une surface plane.

Structure de l'installation électrique: installation protégée à l'entrée par un disjoncteur différentiel (DDR) de type S (tenue: 3 kA 8/20, voir 6.2.4.3). Le courant de court-circuit à l'entrée de l'installation est de 3 kA. Il y a un tableau électrique principal à l'entrée du bâtiment (rez-de-chaussée) et un tableau électrique secondaire au premier étage.

Mise à la terre de la structure à protéger: 50 Ω .

Installation de mise à la terre du réseau BT: schémas TT. Une phase et le neutre distribués.

Nature des dispositifs à protéger: machine à laver électronique, ordinateur, alarme à l'entrée, magnétoscope et téléviseur, etc.

Compte tenu de l'analyse des risques (voir article 7), il y a probablement intérêt à utiliser des parafoudres (valeur élevée de N_g , lignes aériennes du côté BT et HT du transformateur, appareils électroniques, etc.).

A cause des lignes aériennes, on prévoit des courants de foudre moyens $\Rightarrow$ courant nominal de décharge (I_n) $\geq$ 5 kA 8/20 par fil au niveau de l'entrée.

A l'entrée du bâtiment, il y a une alarme à protéger (matériel sensible) $\Rightarrow U_p \leq 1,5$ kV. Il est possible de remplir cette condition en utilisant un parafoudre à un port (voir 3.25) vérifié par des essais de classe II avec $U_p = 1,5$ kV.

A l'entrée du bâtiment, le courant de court-circuit est de 3 kA efficaces $\Rightarrow$ tenue du parafoudre aux courts-circuits $\geq$ 3 kA efficaces (voir 5.5.2.4). Pour cela, le fabricant recommande d'utiliser un fusible ou le disjoncteur du dispositif de protection contre les courants résiduels (protection de secours). Si un DDR de type S est utilisé à l'entrée, la continuité du service n'est pas assurée pour une onde de choc incidente supérieure à 3 kA 8/20.

Aucune protection contre les contacts indirects n'est nécessaire à cause du DDR. Un disjoncteur thermique est incorporé dans le parafoudre proprement dit (voir 6.3.1).

Etant donné qu'il s'agit d'un schéma TT et qu'il faut empêcher toute contrainte trop élevée entre la phase et le neutre, il est recommandé d'utiliser un parafoudre ayant trois modes de protection (entre phase et neutre, entre neutre et terre et entre phase et terre; voir 6.1.1).

Annex G (informative)

Examples of application

NOTE This annex presents hypothetical systems for domestic and industrial facilities as well as for a radio tower application in which SPDs are installed. This annex is intended to provide information about the selection of SPDs in limited situations to illustrate the application principles contained in this standard. It is not intended to address the unique aspects of the conditions that exist in all facilities or systems.

G.1 Domestic application

Nature of the MV network: overhead line 10 km.

Nature of the LV (230/400 V) network: overhead line 1 000 m; underground cable 200 m.

N_g : 2 strikes/km²/year (see 4.1.1).

Location of the structure to be protected: on a flat area.

Structure of the electric installation: installation protected by an RCD type S at the entrance (withstand 3 kA 8/20, see 6.2.4.3). The short-circuit current capability at the entrance of the installation is 3 kA. There is a main electrical board at the entrance of the house (ground floor) and one subsidiary electrical board on the first floor.

Earthing of the structure to be protected: 50 Ω .

Earthing system of the LV network: TT system. One phase and neutral distributed.

Nature of devices to be protected: electronic washing machine, computer, alarm at the entrance, video tape recorder and TV set, etc.

Due to the risk analysis (see clause 7) it is probable that there is some interest in using SPDs (high value of N_g , overhead lines both on MV and LV side of the transformer, electronic devices, etc.).

Due to the overhead lines medium lightning currents are expected $\Rightarrow$ nominal discharge current (I_n) $\geq$ 5 kA 8/20 per wire at the entrance.

At the entrance, an alarm is to be protected (sensitive equipment) $\Rightarrow U_p \leq 1,5$ kV. This may be achieved by a one-port SPD (see 3.25) tested by class II tests with $U_p=1,5$ kV.

At the entrance the short-circuit current capability is 3 kA r.m.s. $\Rightarrow$ short-circuit withstand of the SPD $\geq$ 3 kA r.m.s. (see 5.5.2.4). For this the manufacturer recommends use of a fuse or the short-circuit breaking characteristics of an RCD circuit-breaker (back-up protection). If an RCD type S circuit-breaker is used at the entrance, the continuity of service is not assured for incoming surges in excess of 3 kA 8/20.

No additional protection against indirect contact is needed due to the presence of the RCD. A thermal disconnecter is incorporated in the SPD itself (see 6.3.1).

As it is a TT system and in order to avoid too high a stress between phase and neutral: it is recommended that an SPD having three modes of protection be used (phase to neutral, neutral to earth and phase to earth; see 6.1.1).

En ce qui concerne les autres dispositifs à protéger, il faut uniquement utiliser une protection entre la phase et le neutre car la terre n'est reliée ni à l'un ni à l'autre, sauf pour la machine à laver où la terre est présente pour des raisons de sécurité. Dans ce cas, une protection entre phase et terre et entre neutre et terre peut s'avérer nécessaire.

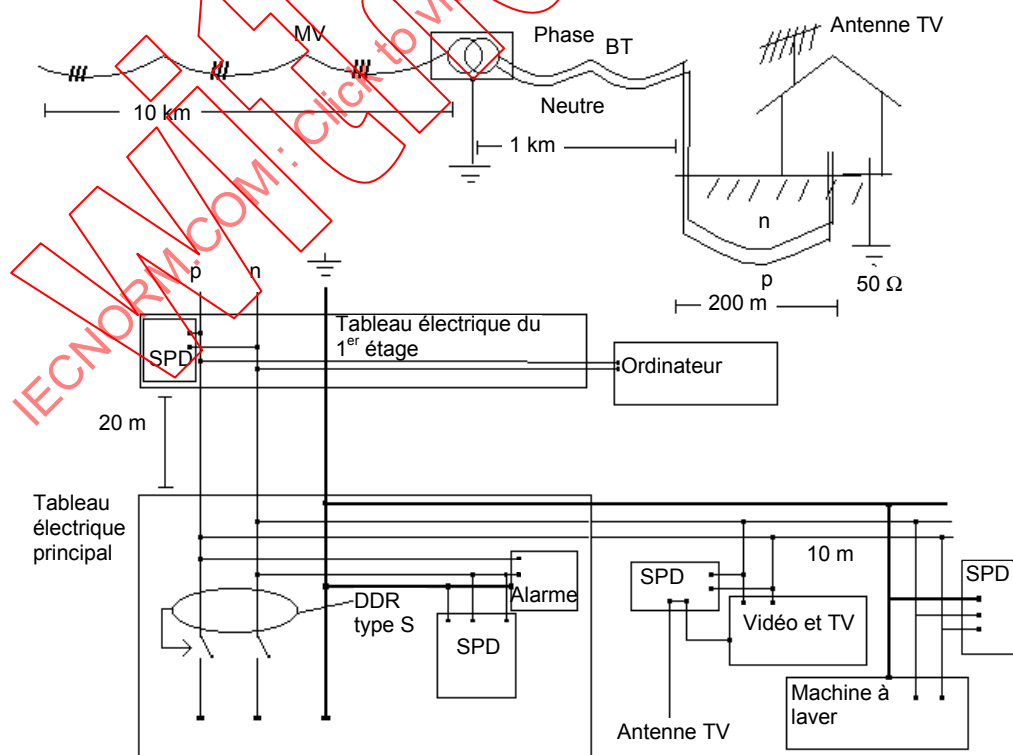
NOTE La présence d'une protection supplémentaire peut s'avérer nécessaire si l'antenne de télévision est reliée à la terre.

Dans la mesure où la distance entre le parafoudre placé à l'entrée et les autres dispositifs, notamment ceux installés au premier étage, est grande (respectivement 10 m et 20 m), la présence d'autres parafoudres est nécessaire à proximité des appareils à protéger (6.1.2). Il convient de placer un parafoudre à proximité de la machine à laver, un autre à proximité du magnétoscope et du téléviseur et enfin, d'en raccorder un au tableau de distribution du premier étage mais qui pourrait être directement relié à la prise informatique (faible distance entre ce panneau et l'ordinateur).

Les autres parafoudres sont supposés détecter une plus faible surintensité. Ainsi, il suffira d'utiliser des parafoudres qui satisfont aux exigences des essais de classe II avec $I_n = 2$ kA. Une valeur de $U_p = 0,8$ kV est alors proposée dans le catalogue du fabricant.

La distance de 20 m est suffisante pour assurer le découplage entre le parafoudre placé à l'entrée et le parafoudre situé au premier étage. Par contre, la distance de 10 m entre le parafoudre placé à l'entrée et les autres parafoudres placés au rez-de-chaussée ne suffit pas à assurer un découplage adéquat en raison de la faible valeur de $U_p = 0,8$ kV (voir 6.2.6). Il est alors préférable de choisir un autre parafoudre avec $U_p = 1,5$ kV par exemple pour les autres parafoudres installés au rez-de-chaussée.

Pour ces parafoudres, le courant de court-circuit sur leur lieu d'installation est faible et le fabricant a incorporé les sectionneurs nécessaires (thermiques et de court-circuit). Voir figure G.1.



IEC 374/02

Figure G.1 – Installation domestique

The other devices to be protected need only protection between phase and neutral as the earth is not connected to them, except the washing machine where the earth is present for safety purposes. In this case, protection between phase and earth and neutral and earth may be necessary.

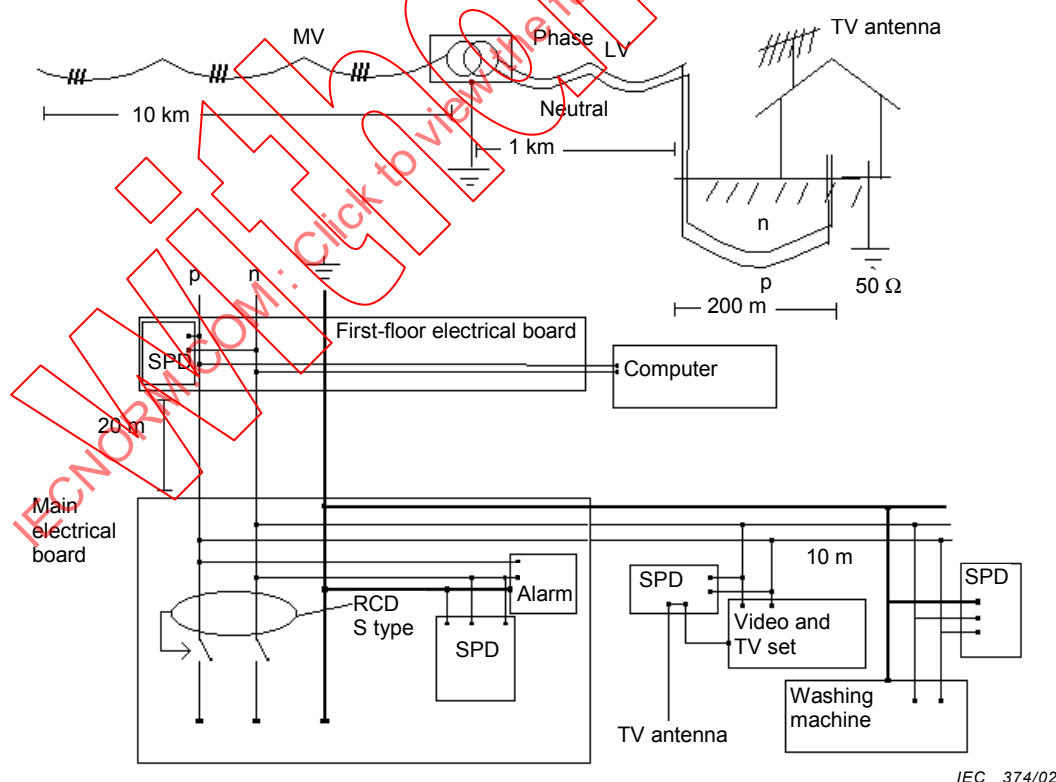
NOTE Additional protection may be necessary if the TV antenna is earthed.

As the distance between the SPD at the entrance and the other devices, especially on the first floor, is high (10 m and 20 m respectively), other SPDs are necessary close to the devices to be protected (6.1.2). One should be located close to the washing machine and another one close to the video tape recorder and TV set. Another one is connected at the first-floor electrical board but could be connected direct on the computer plug as well (distance is small between this panel and the computer).

The other SPDs should see a lower surge current. Also $I_n = 2$ kA class II tests is sufficient. $U_p = 0,8$ kV is then proposed in the manufacturer's catalogue.

The distance of 20 m is sufficient to provide decoupling between the SPD located at the entrance and the first-floor one. But the 10 m between the entrance SPD and the other ground-floor SPDs is not sufficient to provide adequate decoupling due to the low value of $U_p = 0,8$ kV (see 6.2.6). It is then better to choose another SPD with $U_p = 1,5$ kV, for example, for the other ground-floor SPDs.

For these SPDs, the short-circuit current at their location is low and the manufacturer has incorporated the necessary disconnectors (thermal and short-circuit). See figure G.1.



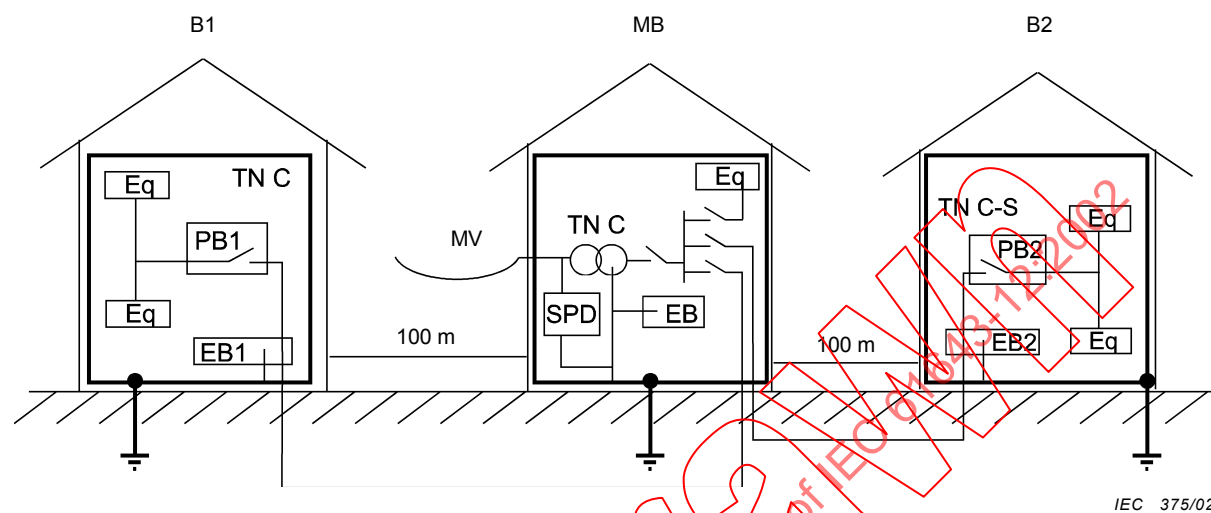
IEC 374/02

Figure G.1 – Domestic installation

G.2 Utilisation industrielle

A l'étude.

Se reporter aux figures G.2 et G.3.



Légende

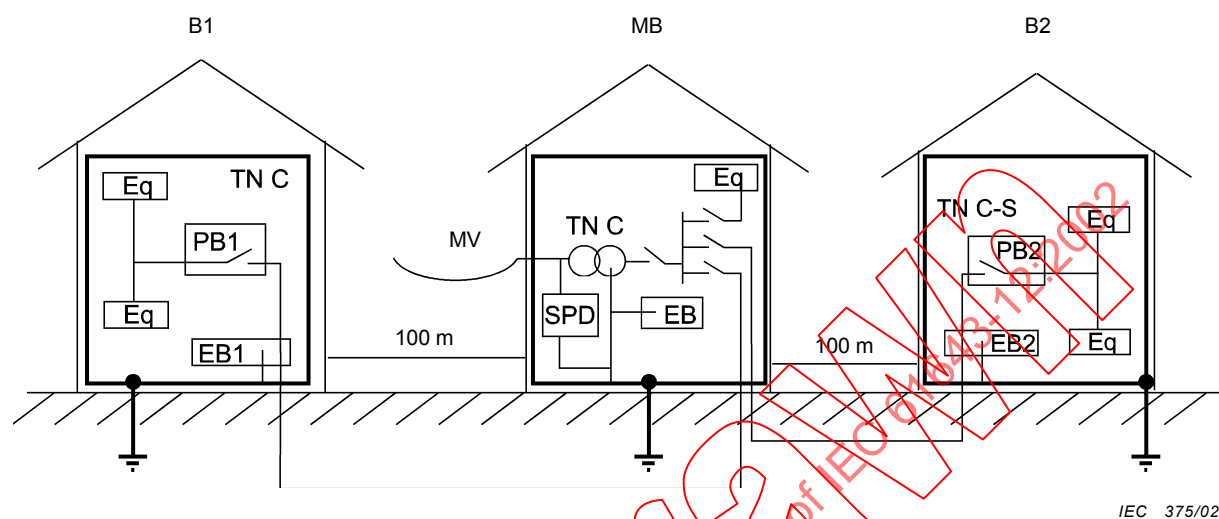
- B1, B2 Bâtiment 1,2
- MB Bâtiment principal
- EB Barre d'équipotentialité
- PB Tableau de distribution
- Eq Charge du matériel

Figure G.2 – Installation industrielle

G.2 Industrial application

Under consideration.

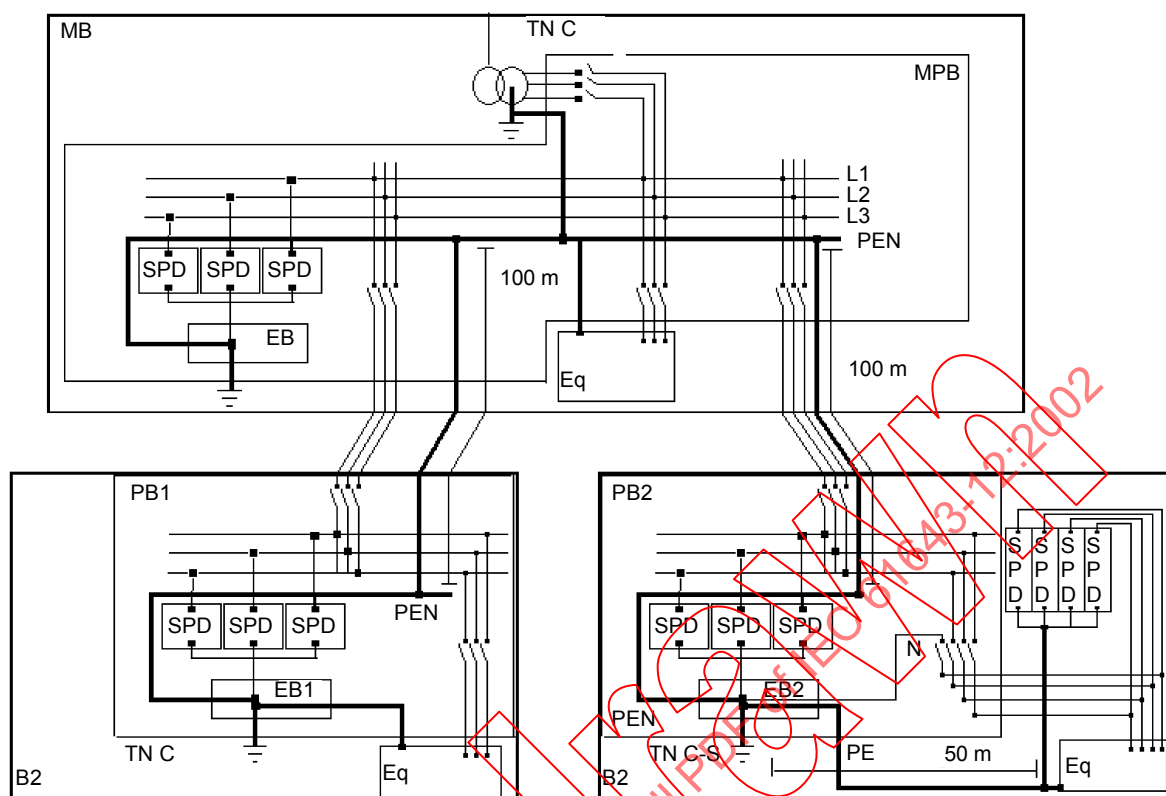
See figures G.2 and G.3.



Key

- B1, B2 Building 1, 2
- MB Main building
- EB Equipotential bonding bar
- PB Panel board
- Eq Load equipment

Figure G.2 – Industrial installation



IEC 376/02

Légende

B1, B2	Bâtiment 1,2
MB	Bâtiment principal
EB	Barre d'équipotentialité
MPB	Tableau de distribution principal
Eq	Charge du matériel
PB	Tableau de distribution

Figure G.3 – Circuit électrique de l'installation industrielle

G.3 Présence d'un parafoudre

Relais hertziens équipés d'un système de protection contre la foudre

Nature du réseau HTA:

ligne aérienne de 10 km

Nature du réseau BT:

ligne aérienne 500 m

N_g :

6 coups de foudre/km²/an

Emplacement de la structure à protéger:

au sommet d'une colline

Structure de l'installation électrique:

le neutre est relié à la terre au pied de la colline

Equipements reliés à la terre locale.

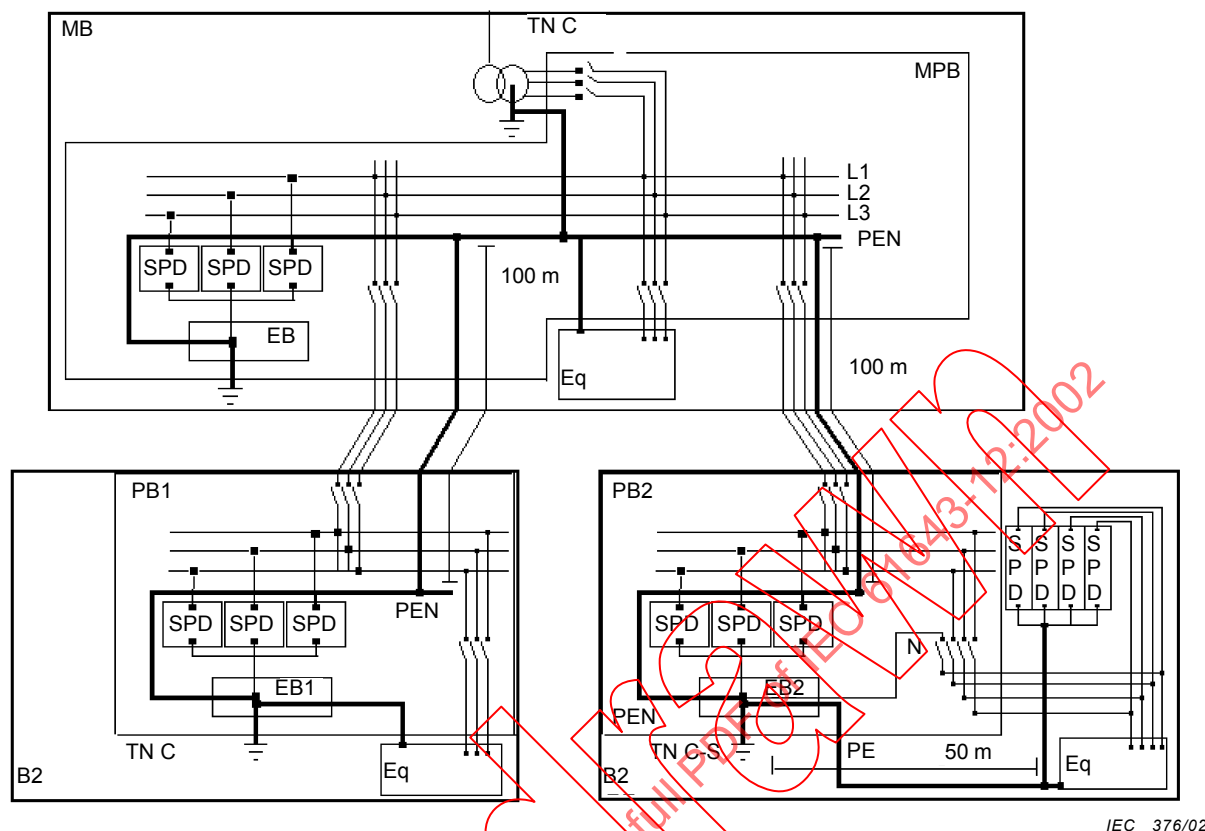
Mise à la terre de la structure à protéger: 10 Ω

Mise à la terre du transformateur HTA/BT: 10 Ω

Schéma de mise à la terre du réseau BT: schéma TT; une phase et le neutre distribués

Nature des appareils à protéger:

matériel électronique



Key

B1, B2	Building 1, 2
MB	Main building
EB	Equipotential bonding bar
MPB	Main panel board
Eq	Load equipment
PB	Panel board

Figure G.3 – Industrial installation circuitry

G.3 Presence of a lightning protection system

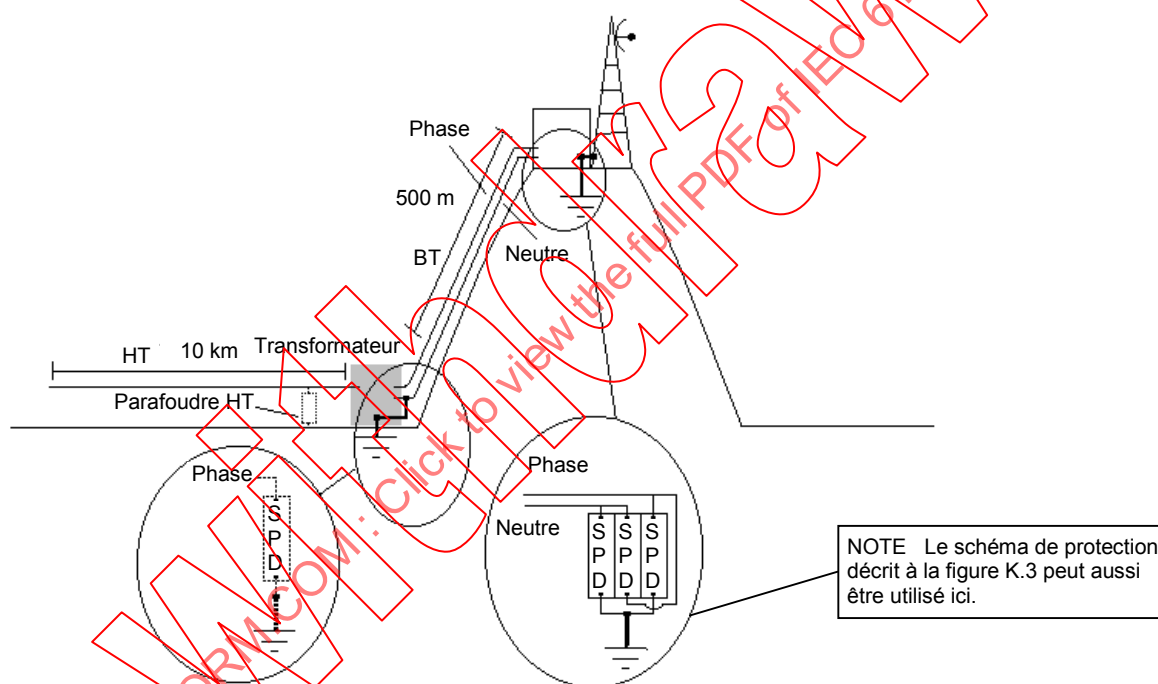
Radio tower equipped with a lightning protection system

Nature of the MV network:	overhead line 10 km
Nature of the LV network:	overhead line 500 m
N_g :	6 strikes/km ² /year
Location of the structure to be protected:	on the top of a hill
Structure of the electric installation:	the neutral is grounded at the bottom of the hill
Equipment grounded to the local protective earth	
Earthing of the structure to be protected:	10 Ω
Earthing of the MV/LV transformer:	10 Ω
Earthing system of the LV network:	TT system; one phase and neutral distributed
Nature of devices to be protected:	electronic equipment

Compte tenu de la nature critique de l'installation (analyse des risques, se reporter à l'article 7), il est nécessaire d'utiliser des parafoudres qui ont été vérifiés conformément aux essais de classe I. Les parafoudres sont reliés entre la phase et la terre locale, entre le neutre et la terre locale et entre la phase et le neutre. Il est souhaitable que ces parafoudres soient prévus pour un courant minimal de 20 kA de classe I, car ils seront amenés à détecter une grande partie du courant direct de la foudre qui frappe la tour du relais hertzien (voir annexe D). Il est possible d'utiliser un autre parafoudre installé à l'opposé de la ligne aérienne pour protéger le transformateur avec les mêmes caractéristiques nominales de courant. Il est souhaitable que le niveau de protection du parafoudre, en ce qui concerne le matériel soit de 1,5 kV et il est possible que le niveau de protection du parafoudre branché du côté transformateur soit égal voire supérieur (jusqu'à 4 kV) car le transformateur ne requiert pas un niveau de protection basse tension.

En outre, il est possible que l'utilisation d'un parafoudre du côté HTA du transformateur s'avère nécessaire. Ce point est traité dans la CEI 60099-5.

Se reporter à la figure G.4.



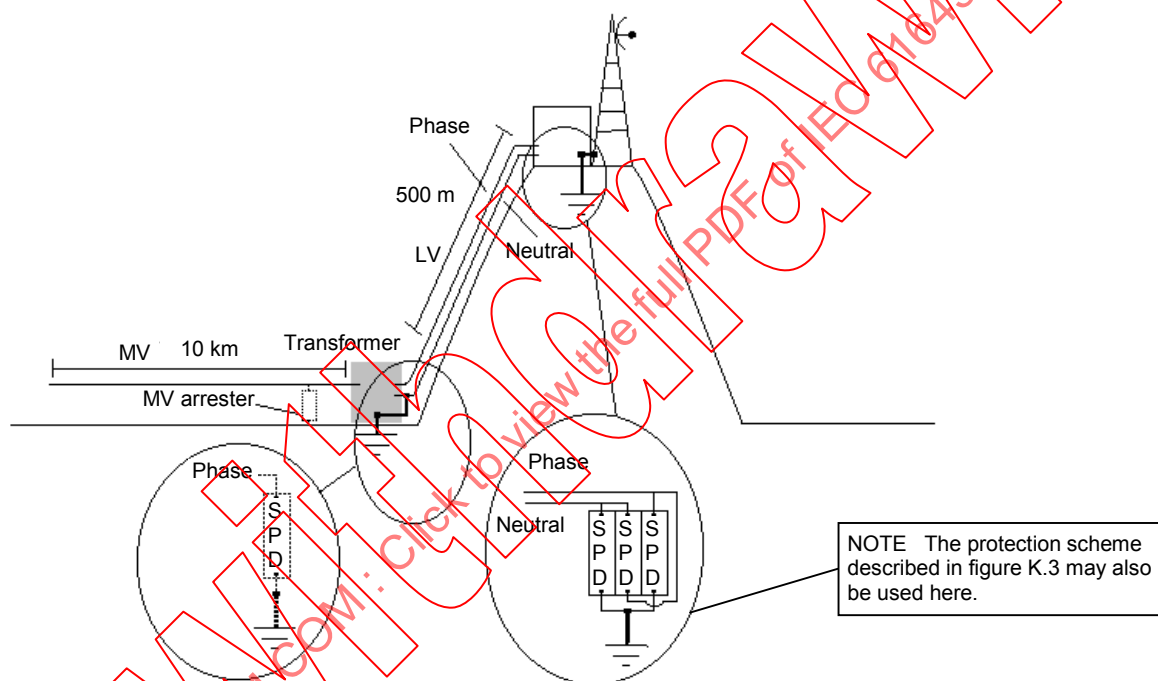
IEC 377/02

Figure G.4 – Installation avec paratonnerre

Due to the critical nature of the installation (risk analysis, see clause 7), it is necessary to use SPDs tested according to class I tests. SPDs are connected between phase and the local earth, between neutral and the local earth and between phase and neutral. These SPDs should have a minimum current capability of 20 kA class I as they will see a large part of the direct lightning current striking the tower (see annex D). Another SPD with the same current ratings may be used at the opposite side of the overhead line to protect the transformer. The protective level of the SPD at the equipment side should be 1,5 kV and the protective level of the one connected at the transformer side may be the same or higher (up to 4 kV) as the transformer does not need a low-voltage protection level.

It may also be necessary to use an SPD on the MV side of the transformer. This is addressed in IEC 60099-5.

See figure G.4.



IEC 377/02

Figure G.4 – Installation with lightning protection system

Annexe H (informative)

Exemples d'application de l'analyse des risques

A l'étude.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

Withd2W

Annex H (informative)

Examples of application of the risk analysis

Under consideration.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61643-12:2002

Withd 2002

Annexe I (informative)

Contraintes de réseaux

NOTE Cette annexe développe le texte de l'article 4 de la présente norme. Lorsque l'information se rapporte à un paragraphe particulier, cela est indiqué entre crochets [xxx].

I.1 Courants et surtensions de foudre [4.1.1]

I.1.1 Aspects des réseaux de distribution ayant un effet sur le besoin de parafoudre

L'article 443 de la CEI 60364-4-44 indique que, si l'installation est alimentée par des câbles souterrains ou par des lignes aériennes dans un niveau kéraunique inférieur à 25, il n'y a pas besoin de parafoudre sauf si le risque acceptable fondé sur l'utilisation de l'installation est exceptionnellement faible.

Ces lignes générales sont fondées sur certaines considérations sur une installation moyenne. Si des facteurs spécifiques de l'installation considérée sont inhabituels, il peut y avoir une nécessité plus importante de protection contre la foudre. Certains de ces facteurs sont considérés en I.1.1 et I.1.2.

Il convient de faire une analyse de risque fondée sur la probabilité de chocs entrants et sur l'équilibre économique entre la protection et les conséquences.

L'article 443 de la CEI 60364-4-44 est en cours de révision par rapport à l'analyse de risque.

I.1.1.1 Activités de foudre

Le paramètre le plus utile pour la détermination du risque des contraintes de foudre sur l'installation est la densité locale de coup de foudre N_g . Cependant, si N_g est inconnue, il est possible de faire une estimation grossière à partir du niveau kéraunique (N_k , nombre de jours d'orages par an obtenu d'après les cartes isokérauniques) dans la zone, à l'aide de la formule simplifiée suivante: $N_g = 0,04 \times N_k^{1,25}$.

N_g donne des renseignements très localisés sur l'activité de foudre permettant une détermination précise du risque à la fois à l'emplacement spécifique et le long du tracé de tout service entrant. Il prend en compte aussi les variations dues à la période de l'année et à l'amplitude du choc. Ces facteurs ne sont pas inclus dans la détermination de N_k . De ce fait une valeur de $N_k = 25$ ne peut pas être utilisée telle quelle pour déterminer la nécessité d'un parafoudre.

I.1.1.2 Exposition de l'installation

Même si l'alimentation est assurée par un câble souterrain, ce câble n'est pas toujours suffisant pour protéger l'installation, spécialement dans le cas de coups de foudre directs ou proches qui ne sont pas pris en compte dans l'article 443 de la CEI 60364-4-44. C'est pourquoi l'alimentation par câble souterrain ne peut pas être utilisée, telle quelle, pour déterminer le besoin d'un parafoudre.

Annex I **(informative)**

System stresses

NOTE This annex expands upon the text of clause 4 of this standard. Where the information relates to a specific subclause, this is identified as [xxx] below.

I.1 Lightning overvoltages and currents [4.1.1]

I.1.1 Aspects of the power distribution system that affect the need for an SPD

Clause 443 of IEC 60364-4-44 indicates that, if the installation is supplied by an underground cable or if it is supplied by an overhead line when the keraunic level is below 25, there is no need to use an SPD unless the acceptable risk based on the utilization of the installation is exceptionally low.

These guidelines are based on certain assumptions about the average installation. If factors specific to the installation being considered are unusual, there may be a greater need for surge protection. Some of these factors are considered in I.1.1 and I.1.2.

Risk analysis, based on the probability of incoming surges and the economic balance between protection and consequences, should be performed.

Clause 443 of IEC 60364-4-44 is under revision concerning risk analysis.

I.1.1.1 Lightning activity

The most useful figure to use in determining the risk of lightning stressing an installation is the local ground flash density, N_g . However, if N_g is not known, a crude estimation can be found from the keraunic level (N_k , number of thunderstorm days per year, obtained from isokeraunic maps) in the area, using the simplified formula $N_g = 0,04 \times N_k^{1,25}$.

N_g provides highly localized information on lightning activity allowing an accurate assessment of the risk both at a specific location and along the route of any incoming services. It also takes into account variation due to the time of year and the magnitude of the surge. These are factors that are not included in the determination of N_k . Hence, a value of $N_k = 25$ cannot be used, on its own, to determine the need of an SPD.

I.1.1.2 Exposure of installation

Even where the supply is provided by an underground cable, this cable is not always sufficient to protect the installation, especially in the case of a direct or nearby lightning strike which is not considered in clause 443 of IEC 60364-4-44. This is why the supply by an underground cable cannot be used, on its own, to determine the need for an SPD.

I.1.2 Partage du courant de foudre dans une structure

La figure I.1 montre un exemple caractéristique de partage du courant dans le cas d'un coup de foudre direct sur la structure. Pour plus d'informations, se reporter à l'annexe D.

NOTE 1 Le courant de choc de foudre combine deux paramètres clés. Le premier correspond au temps de montée rapide qui est utile pour déterminer la valeur de la tension due à des effets inductifs. Le second paramètre correspond à la longue durée de l'impulsion qui se rapporte essentiellement à l'énergie du coup de foudre. Aucun effet à haute fréquence n'est observé à cette période ultérieure, ce qui permet d'utiliser une résistance ohmique pour calculer la distribution du courant.

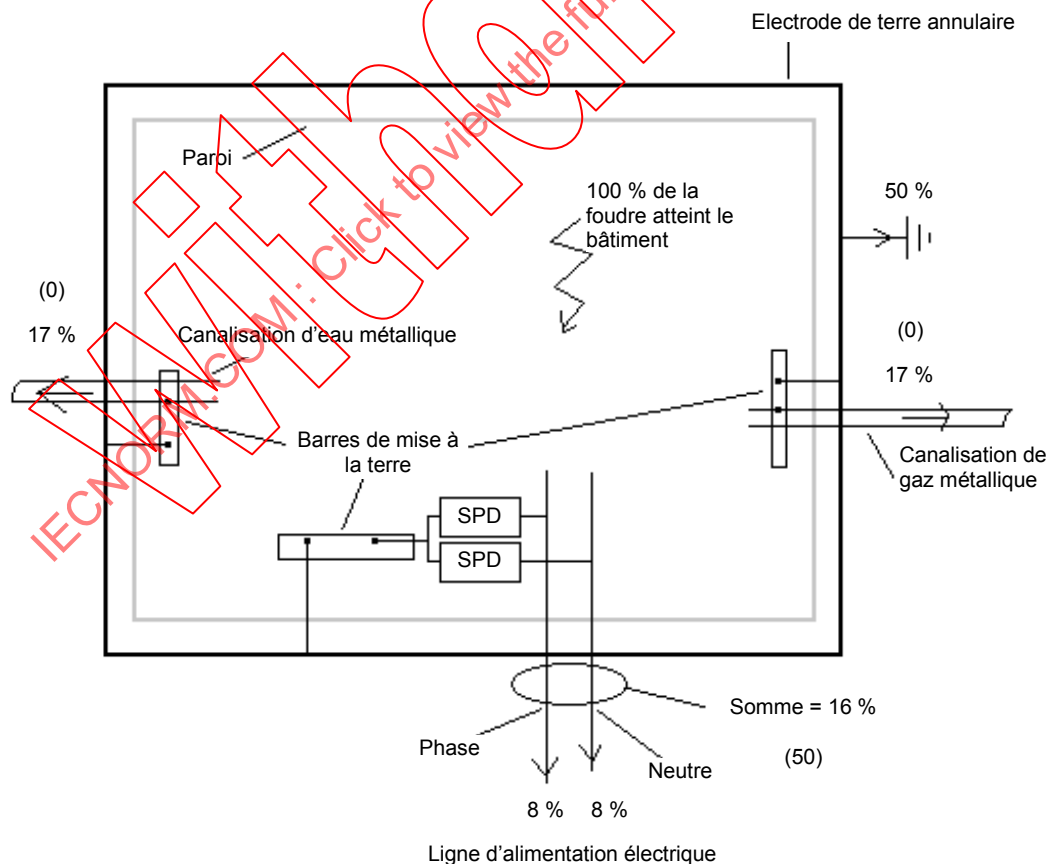
Lorsqu'aucune évaluation individuelle (par exemple par le calcul) n'est possible, il est possible de supposer que 50 % du courant de foudre total (I) pénètre par la borne de terre des systèmes de protection contre la foudre de la structure considérée. Les 50 % restants du courant (I_s), sont distribués entre les divers raccords de service pénétrant dans la structure, tels que les parties conductrices externes, l'alimentation électrique, les lignes de communication, etc. La valeur du courant s'écoulant dans chaque raccordement de service (I_i) peut être estimée en utilisant $I_i = I_s/n$, où n est le nombre de raccords de service.

Pour l'évaluation du courant s'écoulant dans des conducteurs individuels, désigné par I_v , dans un câble non blindé, le courant I_i s'écoulant dans le câble est divisé par le nombre de conducteurs m , avec $I_v = I_i/m$.

Dans le cas d'un câble blindé, les deux extrémités doivent être reliées à la terre directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre. Dans ce cas, la partie principale du courant de foudre s'écoulant dans le câble ira dans le blindage (habituellement 50 %) et une faible partie du courant s'écoulera dans les conducteurs internes. Dans tous les cas, il convient d'installer des parafoudres aussi près que possible du point de métallisation du blindage.

NOTE 2 Pour les parafoudres, les valeurs préférentielles de $I_{crête}$ ou de I_{max} correspondent à I_v .

NOTE 3 Il est possible de traiter de manière similaire les coups de foudre directs atteignant des lignes aériennes.



IEC 378/02

NOTE Les valeurs entre parenthèses sont applicables lorsqu'il n'y a aucune canalisation métallique.

Figure I.1 – Exemple d'écoulement du courant dans les raccords externes de service (schéma TT)

I.1.2 Sharing of surge current within a structure

Figure I.1 shows a typical example of the sharing of the surge current in the case of a direct strike to the structure. For further information, see annex D.

NOTE 1 The lightning impulse current combines two key parameters. The first is the fast rise time which is useful for determining the voltage value due to inductive effects. The second is the long duration which essentially refers to the energy in the stroke. High-frequency effects are not present in this later period, allowing ohmic resistance to be used for calculation of current distribution.

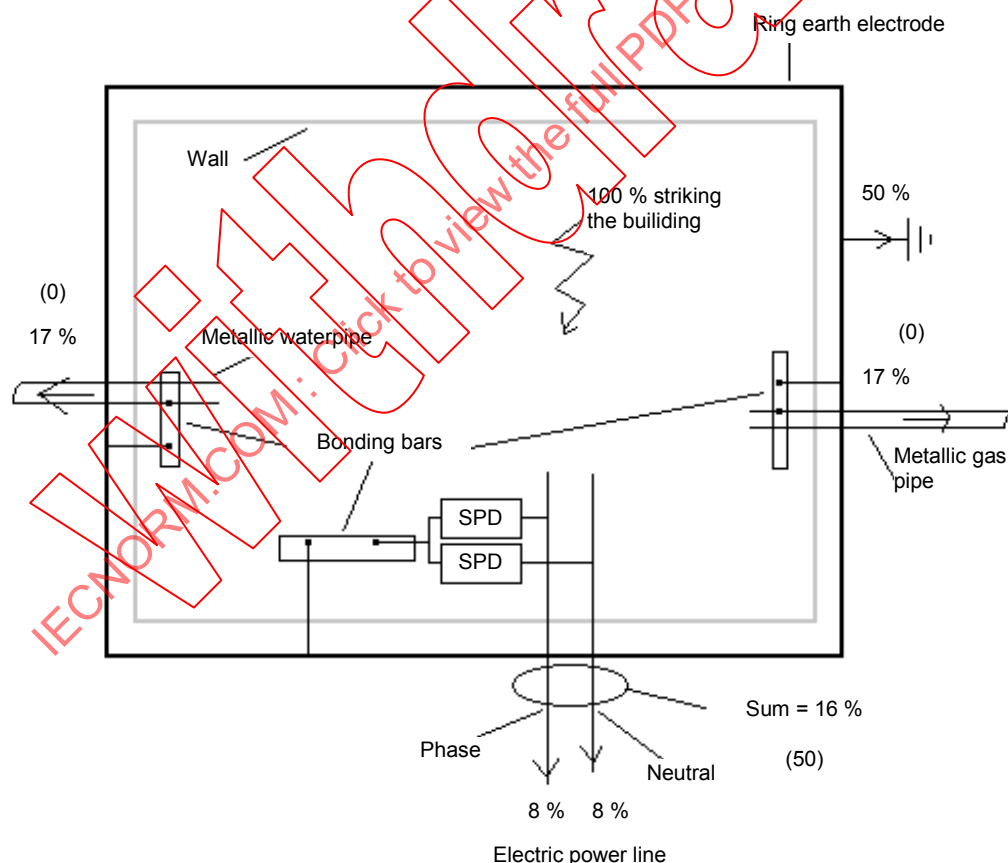
Where an individual evaluation (by calculation, for example) is not possible, it can be assumed that 50 % of the total lightning current (I) enters the earth termination of the lightning protection system of the structure considered. The other 50 % of current (I_s) is distributed among the services entering the structure, such as external conductive parts, electrical power and communications lines, etc. The value of the current flowing in each service (I_i) can be estimated by using $I_i = I_s / n$, where n is the number of services.

For evaluating the current in individual conductors, called I_v , in unshielded cable, the cable current I_i is divided by the number of conductors m , $I_v = I_i / m$.

In the case of shielded cable, both ends shall be bonded to earth directly or via an SPD. In this case, the main part of the cable lightning current will flow in the shield (typically 50 %) and a lower part of the current will flow through the inner conductors. In all cases SPDs should be installed as close as possible to the screen bonding point.

NOTE 2 The SPD's preferred value of I_{peak} or I_{max} corresponds to I_v .

NOTE 3 Direct lightning to overhead lines may be considered in a similar way.



IEC 378/02

NOTE Values in brackets are used when no metallic pipes are present.

Figure I.1 – Example of diversion of lightning current into the external services (TT system)

Lors du choix des parafoudres pour protéger des lignes d'alimentation, il convient de noter qu'il n'y a normalement aucune canalisation de gaz et que, très souvent, la canalisation d'eau n'est pas métallique, au moins à l'extérieur du bâtiment. En pareil cas, il est possible que les lignes d'alimentation aient à véhiculer la majeure partie du courant de foudre.

Cette figure illustre un cas typique dans lequel 50 % du courant total s'écoulent par le système de mise à la terre de la structure et 50 % s'écoulent par les raccordements externes de service.

I.2 Surtensions de manœuvre [4.1.2]

Pour plus d'informations sur les contraintes dues aux chocs de manœuvre, se référer à C.2.

I.3 Surtensions temporaires U_{TOV} [4.1.3]

La surtension temporaire causée par des défaillances du réseau BT peut être définie par deux facteurs:

- k_1 qui est le rapport entre la tension maximale et la tension nominale du système. Le facteur k_1 se situe normalement dans une plage allant de 1,05 à 1,2. Ceci couvre la régulation normale du niveau de tension

$$U_{cs} = k_1 \times U_0$$

- k_2 est l'amplitude maximale de la surtension du réseau d'alimentation qui se produit à une valeur de courant supérieure au U_{cs} du réseau d'alimentation. La tension de la phase sans défaut peut varier de 1,25 environ jusqu'à une valeur théorique de $\sqrt{3}$ pour un défaut dans le réseau basse tension dans un système triphasé.

NOTE 1 Dans le cas de systèmes monophasés (à trois fils phases séparées), k_2 peut atteindre une valeur de 2.

La surtension temporaire totale peut être exprimée par la relation suivante:

$$U_{TOV,BT} = k_1 \times k_2 \times U_0 = k_2 \times U_{cs}$$

NOTE 2 Les surtensions temporaires sont habituellement provoquées par des événements tels que des défauts sur le réseau de distribution basse tension, une coupure de condensateurs, l'arrêt et le démarrage d'un moteur. Ces surtensions sont de courte durée. Celles qui sont engendrées par des défauts sur le réseau d'alimentation triphasée durent pendant une période allant de moins de 0,05 s jusqu'à un maximum de 5 s. Le démarrage de moteurs monophasés, avec une mauvaise liaison neutre, peut engendrer des surtensions excessives pendant un intervalle de temps inférieur ou égal à 5 s. Normalement, il convient que la coupure de condensateurs et la régulation de tension ne génèrent pas des surtensions d'une durée supérieure à 5 s. Par conséquent, on choisit dans la CEI 61643-12 une surtension temporaire d'une durée comprise entre 0,05 s et 5 s.

NOTE 3 Dans certains réseaux, il sera nécessaire de tenir compte d'une surtension temporaire de courte durée (moins de 5 s) égale à $U_0 + 1\,200\text{ V}$ (voir CEI 60364-4-44) due à la présence d'un défaut dans le réseau haute tension ($U_{TOV,HT}$). Des valeurs de tensions si élevées sont susceptibles d'entraîner une défaillance du parafoudre. En pareil cas, il est nécessaire d'effectuer des essais appropriés pour s'assurer que cette défaillance ne crée aucun danger pour le personnel, le matériel ou l'installation. Cette valeur de $U_0 + 1\,200\text{ V}$ représente la valeur maximale des surtensions temporaires pendant une durée maximale de 5 s. Selon le type de système de mise à la terre des installations basse tension et du réseau haute tension, cette valeur peut exister ou non (voir annexe E). En outre, la CEI 60364-4-44 définit des surtensions temporaires d'une durée supérieure à 5 s qui sont susceptibles d'entraîner des défaillances du fait de leur durée.

Dans la présente norme, les TOV générées par des défaillances du réseau basse tension sont désignées par $U_{TOV,BT}$ et celles générées par le réseau haute tension par $U_{TOV,HT}$.

Sur la base de la formule donnée ci-dessus, il est possible en théorie de tracer une courbe de variation de la tension en fonction de la durée de U_{TOV} dans le réseau. De toute manière, en pratique on ne connaît pas toujours les valeurs réelles de U_{TOV} dans le réseau, notamment à l'endroit où sont installés les parafoudres. En pareil cas, il est plutôt difficile de tracer les courbes mentionnées ci-dessus puisque l'on ne connaît que certains points.