

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-5-5**

Première édition
First edition
1996-02

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 5:

Guides d'installation et d'atténuation

Section 5: Spécification des dispositifs de
protection pour perturbations conduites IEMN-HA –
Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 5:

Installation and mitigation guidelines

Section 5: Specification of protective devices
for HEMP conducted disturbance –
Basic EMC publication



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-5-5: 1996

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*, qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-5-5**

Première édition
First edition
1996-02

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 5:

Guides d'installation et d'atténuation

Section 5: Spécification des dispositifs de
protection pour perturbations conduites IEMN-HA –
Publication fondamentale en CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 5:

Installation and mitigation guidelines

Section 5: Specification of protective devices
for HEMP conducted disturbance –
Basic EMC publication

© CEI 1996 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 pro-
cédé, 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	8
Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Définitions.....	12
4 Spécifications des protections contre les perturbations conduites	16
4.1 Généralités	16
4.1.1 Classification des protections	16
4.1.2 Bases fondamentales des spécifications pour système de protection	18
4.2 Eclateurs à gaz	20
4.2.1 Spécifications fondamentales	20
4.2.2 Spécifications fondamentales additionnelles	20
4.2.3 Spécifications relatives à l'IEMN-HA.....	20
4.3 Varistances à oxyde métallique (MOV)	22
4.3.1 Spécifications fondamentales	22
4.3.2 Spécifications fondamentales additionnelles	22
4.3.3 Spécifications concernant l'IEMN-HA.....	22
4.4 Parafoudres à expulsion.....	24
4.5 Parafoudres à résistance variable	24
4.5.1 Spécifications fondamentales	24
4.5.2 Spécifications fondamentales additionnelles	24
4.5.3 Spécifications concernant l'IEMN-HA.....	24
4.6 Ecrêteurs de transitoires à jonctions avalanches (diodes de protection)	26
4.6.1 Spécifications fondamentales	26
4.6.2 Spécifications relatives à l'IEMN-HA.....	26
4.7 Filtres	28
4.7.1 Généralités	28
4.7.2 Spécifications fondamentales	28
4.7.3 Spécifications fondamentales additionnelles pour des filtres autres que pour l'énergie	28
4.7.4 Spécifications fondamentales additionnelles pour des filtres pour énergie	30
4.7.5 Spécifications relatives à l'IEMN-HA.....	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION.....	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references.....	11
3 Definitions.....	13
4 Specifications of protective devices for conducted disturbance	17
4.1 General.....	17
4.1.1 Device classification.....	17
4.1.2 Fundamentals on specifications of protective devices	19
4.2 Gas discharge tubes	21
4.2.1 Basic specifications.....	21
4.2.2 Additional basic specifications	21
4.2.3 HEMP-relevant specifications	21
4.3 Metal oxide varistors (MOV)	23
4.3.1 Basic specifications.....	23
4.3.2 Additional basic specifications	23
4.3.3 HEMP-relevant specifications	23
4.4 Expulsion-type arresters.....	25
4.5 Non-linear resistor type arresters.....	25
4.5.1 Basic specifications.....	25
4.5.2 Additional basic specifications	25
4.5.3 HEMP-relevant specifications	25
4.6 Avalanche-junction transient voltage suppressors (protective diodes)	27
4.6.1 Basic specifications.....	27
4.6.2 HEMP-relevant specifications	27
4.7 Filters	29
4.7.1 General.....	29
4.7.2 Basic specifications.....	29
4.7.3 Additional basic specifications for non-power line filters	29
4.7.4 Additional basic specifications for power-line filters.....	31
4.7.5 HEMP-relevant specifications	33

Articles	Pages
4.8 Circuits de protection	32
4.8.1 Généralités.....	32
4.8.2 Spécifications	32
4.9 Parafoudres de sécurité	38
4.9.1 Généralités.....	38
4.9.2 Spécifications concernant la sécurité	38
4.9.3 Spécifications concernant la protection	38
4.10 Protections coaxiales pour circuit r.f.....	40
4.10.1 Généralités.....	40
4.10.2 Spécifications fondamentales.....	40
4.10.3 Spécifications relatives à l'IEMN-HA pour les supports coaxiaux	42
4.10.4 Spécifications relatives à l'IEMN-HA pour les lignes quart d'onde et les résonateurs.....	42
Annexes	
A Revue des circuits génériques de protection et de leur application dans la protection contre les surtensions	44
B Une méthode pour mesurer l'inductance des dispositifs limiteurs de tension à deux fils	54
C Revue des parafoudres de sécurité et de la philosophie concernant la sécurité.....	60
D Une méthode de mesure de l'impédance d'entrée des filtres de puissance	66
E Bibliographie.....	70

Clause	Page
4.8 Protection circuits	33
4.8.1 General	33
4.8.2 Specifications	33
4.9 Safety arresters	39
4.9.1 General	39
4.9.2 Safety relevant specifications.....	39
4.9.3 Surge relevant specifications	41
4.10 Coaxial r.f.-circuit protectors	41
4.10.1 General.....	41
4.10.2 Basic specifications	41
4.10.3 HEMP-relevant specifications for coaxial holders	43
4.10.4 HEMP-relevant specifications for stub-lines and resonators	43
 Annexes	
A Survey of generic protection circuits and their application in surge protection.....	45
B A method of measuring the inductance of two-lead voltage limiting devices	55
C Survey on safety arresters and related safety philosophy	61
D A method of measuring the input impedance of mains filters	67
E Bibliography	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation Section 5: Spécification des dispositifs de protection pour perturbations conduites IEMN-HA – Publication fondamentale en CEM

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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, 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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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 1000-5-5 a été établie par le sous-comité 77C: Immunité à l'impulsion électromagnétique nucléaire à haute altitude (IEMN-HA), du comité d'étude 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77C/29/FDIS	77C/35/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.

Les annexes A, B, C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 5: Installation and mitigation guidelines
Section 5: Specification of protective devices for
HEMP conducted disturbance –
Basic EMC publication

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 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. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1000-5-5 has been prepared by subcommittee 77C: Immunity to high altitude nuclear electromagnetic pulse (HEMP), of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

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

FDIS	Report on voting
77C/29/FDIS	77C/35/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.

Annexes A, B, C, D and E are for information only.

INTRODUCTION

La CEI a lancé la préparation de méthodes normalisées pour protéger la société civile des effets d'explosions nucléaires en haute altitude. De tels effets peuvent interrompre les réseaux de télécommunications, d'énergie, informatiques, etc.

La présente section de la CEI 1000-5 fait partie d'un ensemble de normes qui couvre entièrement l'immunité à l'impulsion électromagnétique d'origine nucléaire, haute altitude. L'abréviation appropriée est IEMN-HA.

L'application de cette section est, cependant, indépendante de l'accès aux autres sections et parties de la CEI 1000, sauf pour celles auxquelles il est spécialement fait référence.

La CEI/DIS 1000-4-24¹⁾ présente les projets se déroulant parallèlement à ce travail.

¹⁾ CEI/DIS 1000-4-24: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 24: Méthodes d'essai pour les dispositifs de protection pour perturbations conduites IEMN-HA* (actuellement au stade de projet de norme internationale).

INTRODUCTION

The IEC has initiated the preparation of standardized methods to protect civilian society from the effects of high altitude nuclear bursts. Such effects could disrupt systems for communications, electric power, information technology, etc.

This section of IEC 1000-5 is part of a complete set of standards that covers the entire category of immunity to high altitude nuclear electromagnetic pulse. The appropriate acronym is either HA-NEMP or more simply HEMP.

The application of this section is, however, not dependent on access to other sections and parts of the IEC 1000, except for those specifically referred to.

IEC/DIS 1000-4-24 ¹⁾ indicates the projects running in parallel with this work.

¹⁾ IEC/DIS 1000-4-24: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance* (at present at the stage of final draft international standard)

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation Section 5: Spécification des dispositifs de protection pour perturbations conduites IEMN-HA – Publication fondamentale en CEM

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 1000-5 définit comment les dispositifs de protection contre les perturbations conduites proposés pour la protection IEMN doivent être spécifiés. Elle a pour but d'harmoniser les spécifications, existantes ou à venir, issues des fabricants de protections, des fabricants d'équipements électroniques, des administrations et autres exploitants. Les exigences de performances seront données dans des documents futurs de la CEI.

Cette section couvre les protections utilisées couramment pour la protection contre les transitoires induits par l'IEMN-HA sur les accès signaux et les accès énergie basse tension (tension nominale jusqu'à 1 kV alternatif).

Les généralités peuvent aussi être appliquées à des accès haute tension; cependant, dans ce cas, les exigences additionnelles pour les niveaux de protection des parafoudres (spécialement les parafoudres à oxyde métallique) sont à l'étude.

En général, les paramètres relatifs à l'IEMN-HA, c'est-à-dire les paramètres relatifs à des variations très rapides de champ électromagnétique, la tension (u) et l'intensité (i) en fonction du temps sont à prendre en compte. Pour les spécifications de base, on se réfère aux autres normes adéquates (voir annexe E) qui prennent en compte des phénomènes autres que l'IEMN-HA. Quand de telles normes ne prennent pas en compte de façon adéquate les exigences de l'électronique moderne, des spécifications additionnelles, des modifications ou des extensions fondées sur des normes ne concernant pas l'IEMN-HA sont définies.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 1000-5. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 1000-5 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes Internationales en vigueur.

CEI 50(161): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 99-1: 1991, *Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 5: Installation and mitigation guidelines Section 5: Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance – Basic EMC publication

1 Scope

This part of IEC 1000-5 defines how protective devices for conducted disturbance proposed for HEMP protection shall be specified. It is intended to be used for the harmonization of existing or future specifications issued by protective device manufacturers, electronic equipment manufacturers, administrations and other ultimate buyers. Performance requirements shall be given in future IEC documents.

This section covers protective devices currently being used for protection against induced HEMP transients on signal and low voltage power lines (nominal voltage up to 1 kV a.c.).

General information can be applied also to high voltage lines. However, in these cases, the additional requirements for the protection levels of existing lightning arresters (especially gapless MO-arresters) are under consideration.

In general, HEMP-relevant parameters, i.e. parameters related to very fast changes of electromagnetic field, voltage (u) and current (i) as a function of time, are of interest. For basic specifications, reference is made to other relevant standards (see annex E) dealing with phenomena other than HEMP. When such standards do not adequately consider the requirements of modern electronics, additional specifications, modifications or extensions based on non-HEMP-relevant standards are defined.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1000-5. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 1000-5 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(161): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 99-1: 1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 939-1: 1988, *Filtres complets d'antiparasitage – Partie 1: Spécification générique*

CEI 939-2: 1988, *Filtres complets d'antiparasitage – Partie 2: Spécification intermédiaire – Choix des méthodes d'essai et règles générales*

CEI 1051-1: 1991, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 1051-2: 1991, *Varistances utilisées dans les équipements électroniques – Partie 2: Spécification intermédiaire pour varistances pour limitations de surtensions transitoires*

CISPR 17: 1981, *Méthodes de mesure des caractéristiques d'antiparasitage des éléments de réduction des perturbations audioélectriques et des filtres passifs*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente section de la CEI 1000-5, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 écrêteur de transitoires à jonction avalanche (diode de protection): Diode à semi-conducteur qui supprime les surtensions transitoires à la fois en sens direct et en sens inverse de sa caractéristique tension-courant.

3.2 tension d'écrêtage: Tension crête mesurée sous forme d'onde spécifiée, aux bornes du système de protection.

3.3 tension d'amorçage statique (éclateurs à gaz): Tension à laquelle l'éclateur à gaz amorce quand il est soumis à un front d'impulsion de 100 V/ μ s ou moins. Des vitesses d'essai plus élevées peuvent être utilisées si l'on prouve qu'elles ne changent pas sensiblement cette tension d'amorçage.

3.4 DUT: Dispositif en essai.

3.5 tension résiduelle différentielle: Tension résiduelle entre les bornes protégées d'une protection à deux conducteurs (réseau à six bornes) durant l'application d'une surtension spécifiée.

3.6 parafoudre à expulsion: Parafoudre pour courant alternatif de puissance, qui possède une chambre d'amorçage dans laquelle le courant de suite est confiné et mis en contact avec un gaz ou une autre matière pour l'extinction de l'arc de façon à limiter la tension sur la ligne et à interrompre le courant de suite.

3.7 éclateur à gaz: Un ou plusieurs entrefers, avec deux ou trois électrodes métalliques enfermées dans une enceinte étanche de façon à contrôler le mélange gazeux et sa pression, destiné à protéger le matériel ou le personnel contre les surtensions transitoires élevées.

3.8 IEMN-HA: Abréviation du terme impulsion électromagnétique d'origine nucléaire, haute altitude.

IEC 617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 939-1: 1988, *Complete filter units for radio interference suppression – Part 1: Generic specification*

IEC 939-2: 1988, *Complete filter units for radio interference suppression – Part 2: Sectional specification – Selection of methods of test and general requirements*

IEC 1051-1: 1991, *Varistors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 1051-2: 1991, *Varistors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification for surge suppression varistors*

CISPR 17: 1991, *Methods of measurement of the suppression characteristics of passive radio interference filters and suppression components*

3 Definitions

For the purpose of this section of IEC 1000-5, the following definitions apply:

3.1 avalanche-junction transient voltage suppressor (protective diode): A semiconductor diode that suppresses transient voltages in either the forward or reverse direction of its voltage-current characteristic.

3.2 clamping voltage: The peak voltage across the device terminals measured under conditions of a specified current waveform.

3.3 d.c. spark-over voltage (gas discharge tubes): The voltage at which the gas discharge tube sparks over when subjected to a rate of rise of 100 V/μs or slower. Higher rates may be used for testing if it can be shown that the spark-over voltage is not significantly changed thereby.

3.4 DUT: Device under test.

3.5 differential residual voltage: The residual voltage between the protected terminals of a two-path device (six-terminal network) during a specified surge event.

3.6 expulsion-type arrester: An arrester for a.c. power circuits, having an arcing chamber in which the follow-current arc is confined and brought into contact with gas or other arc extinguishing material in a manner which results in the limitation of the voltage at the line terminal and the interruption of the follow current.

3.7 gas discharge tube: A gap, or several gaps with two or three metal electrodes hermetically sealed so that gas mixture and pressure are under control, designed to protect apparatus or personnel from high transient voltages.

3.8 HEMP/HA-NEMP: The two acronyms are equivalent and accepted as High Altitude Nuclear Electromagnetic Pulse. HEMP is preferable to HA-NEMP.

3.9 tension d'extinction: Tension continue maximale aux bornes d'un éclateur à gaz sous laquelle le retour aux conditions initiales de haute impédance reste possible après un amorçage dû à une surtension, mesurée sous conditions spécifiées.

3.10 tension d'amorçage (éclateur à gaz): Tension à laquelle amorce un éclateur à gaz soumis à une vitesse de montée spécifiée.

3.11 perte d'insertion (voir CISPR 17, 3.1): Rapport des tensions avant et après l'insertion du DUT dans le circuit, mesurées à la terminaison. En décibels, la perte d'insertion est égale à 20 fois le logarithme de ce rapport.

3.12 varistance à oxyde métallique (MOV): Résistance non linéaire faite par frittage d'un mélange d'oxydes de zinc et d'autres métaux.

3.13 parafoudre à résistance variable (voir CEI 99-1): Parafoudre pour courant alternatif de puissance qui possède un ou plusieurs éclateurs montés en série avec une ou plusieurs résistances non linéaires.

3.14 protection mono-filaire: Protection avec un seul conducteur en conditions normales (pour les réseaux à quatre bornes, voir annexe A, types a, b, c, d).

3.15 courant crête: Valeur crête de l'onde de courant spécifiée.

3.16 puissance crête: Valeur crête de la puissance dissipée résultant du courant crête.

3.17 élément de protection primaire: Premier élément de protection vu du côté non protégé de la protection, qui écoule la plus grande partie du courant transitoire.

3.18 côté protégé: Côté de la protection où doit se trouver le matériel à protéger.

3.19 circuit de protection: Un circuit de protection est une combinaison, disponible dans le commerce, de quatre ou six bornes, de protections primaire et secondaire, et qui contient au moins un élément longitudinal de découplage entre des écrouleurs et/ou bien des limiteurs de tension.

3.20 dispositif de protection: Un composant électrique comme un filtre, un éclateur à gaz, une varistance à oxyde métallique (ou autre), pour la protection contre les perturbations conduites, ou bien un blindage, un joint, un guide d'ondes (ou autre) pour la protection contre les perturbations rayonnées, qui est utilisé pour limiter toute perturbation conduite ou rayonnée. Un tel élément ou une combinaison de plusieurs d'entre eux fait partie de la protection EM conceptuelle pour un système.

3.21 tension résiduelle de mode commun: Tension qui apparaît entre les bornes d'une protection à deux bornes, entre la borne protégée et la terre (protégée) d'une protection monofilaire (réseau à quatre bornes), ou bien entre chaque borne protégée et la terre (protégée) d'un dispositif bifilaire (réseau à six bornes) durant l'application d'une surtension transitoire spécifiée.

3.22 parafoudre de sécurité: Dispositifs de protection principalement destinés à être employés pour la protection d'équipements mobiles reliés à un accès de puissance en courant alternatif jusqu'à 400 V assignés. Un parafoudre de sécurité protège l'équipement sans mettre en danger l'opérateur.

- 3.9 holdover voltage:** The maximum d.c. voltage across the terminals of a gas discharge tube under which it may be expected to clear and to return to the high impedance state after the passage of a surge, under specified circuit conditions.
- 3.10 impulse spark-over voltage (gas discharge tubes):** The voltage at which a gas discharge tube sparks over when subjected to a specified rate of rise.
- 3.11 insertion loss** (see CISPR 17, 3.1): The ratio of the voltage before and after the insertion of the DUT in the circuit as measured at the termination. When expressed in decibels, the insertion loss is 20 times the logarithm of the ratio stated.
- 3.12 metal oxide varistor (MOV):** Non-linear resistor made of a sintered mixture of zinc and other metal oxides.
- 3.13 non-linear resistor type arrester** (see IEC 99-1): An arrester for a.c. power circuits, having a single or a multiple spark gap connected in series with one or more non-linear resistors.
- 3.14 one-path device:** Device with one current path in normal operation (four-terminal network, see annex A, types a, b, c, d).
- 3.15 peak pulse current (impulse discharge current):** Peak value of a specified current waveform.
- 3.16 peak pulse power:** Peak power dissipation resulting from peak pulse current.
- 3.17 primary protection element:** First protective element seen from the unprotected side of a protection measure, diverting the main part of the surge current.
- 3.18 protected side:** The side of a protection measure where the equipment is situated that has to be protected.
- 3.19 protection circuit:** A protection circuit is a ready-made, i.e. commercially available, four- or six-terminal combination of primary and secondary protective elements, containing at least one longitudinal element for decoupling various voltage-breakdown and/or voltage-limiting elements.
- 3.20 protective device:** An electrical component such as a filter, gas discharge tube, metal oxide varistor (or other), for protection against conducted disturbance, or a shield, gasket, waveguide trap (or other), for protection against radiated disturbance, which is used to limit any conducted or radiated stress. Such an element or a combination of several of them thus forms part of the conceptual EM barrier for a system.
- 3.21 residual voltage to ground:** The voltage that appears between the terminals of a two-terminal protective device, the protected terminal and (protected) ground of a one-path device (four-terminal network) or each protected terminal and (protected) ground of a two-path device (six-terminal network) during a specified surge event.
- 3.22 safety arrester:** Protective devices primarily assigned to be used for protection of mobile equipment connected to a.c. power supply lines up to 400 V rated voltage. A safety arrester protects the equipment without endangering the operator.

3.23 élément de protection secondaire: Deuxième élément de protection, ou le suivant, vu du côté non protégé d'une protection, qui écoule le résidu du courant transitoire.

3.24 éclateur à air: Dispositif à deux électrodes ou plus, séparées par de l'air ou bien un diélectrique solide. La décharge s'effectue dans l'air dans les conditions ambiantes.

3.25 dispositif bifilaire: Pour réseau à deux conducteurs (réseaux à six bornes, voir annexe A, types e, f, g).

3.26 côté non protégé: Côté de la protection où parviennent les surtensions.

3.27 forme d'onde 8/20 (voir CEI 60-1): Impulsion de courant normalisée, définie par sa valeur crête, un temps de montée virtuel de 8 μ s (1,25 fois l'intervalle entre les instants où l'impulsion est égale à 10 % et 90 % de la valeur crête) et un temps virtuel de décroissance à mi-hauteur de 20 μ s (intervalle de temps entre l'origine virtuelle et l'instant auquel le courant a diminué à la moitié de sa valeur crête). L'origine virtuelle de l'impulsion correspond à l'instant précédant le passage de courant à 10 % de sa valeur crête, d'une durée égale au dixième du temps de montée virtuel.

4 Spécifications des protections contre les perturbations conduites

4.1 Généralités

4.1.1 Classification des protections

Ecrouleurs de tension:

- éclateurs à gaz;
- éclateurs à air;
- parafoudres à expulsion;
- parafoudres à résistance variable;
- parafoudres de sécurité;
- diodes à thyristors (à l'étude).

Limiteurs de tension:

- varistance à oxyde métallique;
- écrêteurs à jonction avalanche.

Limiteurs de bande passante:

- filtres;
- circuits de protection.

Dispositifs de découplage (non traités):

- liaisons optiques;
- optocoupleurs;
- transformateurs.

3.23 secondary protection element: Second or following protective element seen from the unprotected side of a protection measure, diverting the smaller part of the surge current.

3.24 spark gap: Device consisting of two or more electrodes separated by air or a solid dielectric. The electric discharge develops in air under environmental conditions.

3.25 two-path device: Network with two current paths in normal operation (six-terminal network, see annex A, types e, f, g).

3.26 unprotected side: The side of a protection measure from which the surge event is expected.

3.27 waveform 8/20 (see IEC 60-1): Standard impulse current, defined by its crest value, a virtual front time of $8 \mu\text{s}$ (1,25 times the interval between the instants when the impulse is 10 % and 90 % of the peak value) and a virtual time to half-value of $20 \mu\text{s}$ (time interval between the virtual origin and the instant on the tail at which the current has first decreased to half the peak value). The virtual origin of the impulse is the instant preceding that at which the current is 10 % of the peak value by a time 0,1 times the virtual front time.

4 Specifications of protective devices for conducted disturbance

4.1 General

4.1.1 Device classification

Voltage breakdown devices:

- gas discharge tubes;
- spark gaps;
- expulsion-type arresters;
- non-linear resistor type arresters;
- safety arresters;
- thyristor diodes (under consideration).

Voltage limiting devices:

- metal-oxide varistor;
- avalanche-junction transient voltage suppressors.

Bandwidth limiting devices:

- filters;
- protection circuits.

Isolating devices (not dealt with):

- optical links;
- optocouplers;
- transformers.

Dispositifs combinés:

- circuits de protection;
- parafoudres de sécurité.

Protections coaxiales à circuits r.f.:

- supports coaxiaux;
- lignes quart d'onde, résonateurs.

4.1.2 Bases fondamentales des spécifications pour système de protection

Chaque type de protection décrit ci-dessus possède ses avantages et inconvénients en fonction d'une application donnée. Des comparaisons générales entre les différents types de protections peuvent être erronées et ne doivent pas être faites dans les spécifications. Des informations sur le «temps de réponse» ou sur le «délai de réponse» ne doivent pas être données sauf si ce temps est largement indépendant de du/dt et de di/dt , et si la rapidité de la réaction n'est pas masquée par les pertes inductives dans les applications pratiques.

Les systèmes de protection sont spécifiés pour les réponses dans les cas les plus défavorables aux paramètres fondamentaux de la menace comme du/dt , di/dt et les formes d'ondes critiques. Ce n'est que par ce principe que la grande variété des agressions et des combinaisons possibles des paramètres de la menace seront couvertes. Spécifier la réponse à des ondes combinées mettant en jeu plusieurs paramètres dans la même impulsion nécessiterait un grand nombre d'impulsions avec différentes combinaisons de paramètres. Sur des protections à élément unique comme les éclateurs à gaz, les MOV et les écrêteurs de transitoires à jonction avalanche, les sollicitations ne se produisent pas aux mêmes instants, en pratique. Le dispositif répondra donc indépendamment à chacune d'entre elles et il n'y aura pas superposition des résiduels correspondants. Dans les dispositifs combinés avec des propriétés d'intégration, comme des circuits contenant des filtres, leur réponse à des du/dt et di/dt importants pourra faire apparaître des superpositions mais ne conduira pas à la tension résiduelle la plus forte.

Dans les circuits de protection, la tenue en puissance est généralement assurée par la protection primaire (éclateur à gaz ou varistance). L'écrêtage fin et la suppression des transitoires rapides sont effectués de façon indépendante par l'interaction entre la protection secondaire (capacité, varistance ou diode) et l'élément longitudinal de découplage (inductance). Dans cette configuration les réponses à une onde de courant ou à des du/dt et di/dt importants peuvent être partiellement superposées. L'influence de du/dt et de di/dt dépend de la perte d'insertion aux plus hautes fréquences et est généralement négligeable.

Les spécifications concernant l'IEMN-HA ne peuvent être vérifiées que dans un environnement idéal. En pratique, les résiduels peuvent être beaucoup plus élevés que spécifié à cause des inductances parasites et autres imperfections de montage. Les dispositifs écrouteurs de tension (voir ci-dessus) peuvent créer dans un équipement des du/dt et des di/dt plus élevés que ceux attendus d'une IEMN-HA elle-même. Ceci peut conduire à des résiduels excessifs pour des protections secondaires mal calculées. Lors de l'association de protection primaire et secondaire, il convient de prendre soin d'assurer un bon découplage entre les éléments dans toutes les conditions possibles.

Combination devices:

- protection circuits;
- safety arresters.

Coaxial r.f.-circuit protectors:

- coaxial holders;
- stub-lines, resonators.

4.1.2 *Fundamentals on specifications of protective devices*

Each type of protection device as described above has its advantages and disadvantages with respect to a specific application. General comparisons between different types of devices may be misleading and shall not be made in specifications. Information about the "switching time" or "delay time" of a device shall not be given unless this time is largely independent of du/dt and di/dt , and the fast action is not masked by the inductive voltage drop on the leads in practical applications.

Protective devices are specified for independent worst case response to fundamental threat parameters like du/dt , di/dt and critical waveforms. It is only by this principle that the great variety of threat events and possible combinations of threat parameters may be covered. Specifying the response to combined waveforms, containing several of the mentioned threat parameters in one pulse, would necessitate a large number of pulses with different combinations of parameters. On single-element protective devices like gas discharge tubes, metal-oxide varistors, and avalanche-junction transient voltage suppressors, the mentioned threat parameters do not, in practice, occur at the same time. The device will therefore respond independently to each of them, and the corresponding residual voltages will not be superimposed. In combined devices with integrating properties like protection circuits containing filters, their response to high du/dt and di/dt may be superimposed but will not lead to the highest residual voltage.

In protection circuits, the power handling capability is usually concentrated in the primary protection element (gas discharge tube or powerful varistor). The precise voltage limiting action and the suppression of the high-frequency transients are achieved independently by interaction between the secondary protection element (capacitor, varistor or protective diode) and the longitudinal decoupling element (inductive impedance). In such a configuration, the responses to the specified impulse discharge current, and high du/dt and di/dt may partially be superimposed. The influence of du/dt and di/dt depends on the insertion loss at the highest frequencies and is usually negligible.

HEMP-relevant specifications may be verified only in an ideal measurement set-up. In practical applications residual voltages may be much higher than specified because of the inductive voltage drop on the leads of the protection device and other imperfections of the set-up. Voltage breakdown devices (see above) may create even higher du/dt and di/dt within an equipment than what would be expected from the HEMP. This may lead to excessive residual voltages in poorly designed secondary protections. In combinations of primary and secondary protection elements, care should be taken to ensure the proper decoupling (power split-up) between the elements under all possible surge conditions.

4.2 *Eclateurs à gaz*

S'applique aussi aux éclateurs à air pour circuits de télécommunications ou de signaux, mais pas aux parafoudres de type «thyristor», expulsion ou résistance variable.

4.2.1 *Spécifications fondamentales*

Les éclateurs à gaz doivent être spécifiés pour les caractéristiques suivantes, ne concernant pas l'IEMN-HA:

- tension continue statique d'amorçage (valeurs garanties minimale et maximale);
- tensions dynamiques maximales d'amorçage à des pentes de 100 V/ μ s, 1 kV/ μ s et 10 kV/ μ s;
- intensité nominale impulsionnelle de décharge (courant crête impulsif nominal) en onde 8/20;
- intensité de courant alternatif maximale à la fréquence de 15 Hz à 62 Hz pendant 1 s;
- tension d'extinction;
- résistance d'isolement;
- capacité;
- dimensions et tolérances.

Les spécifications doivent être données selon des normes largement acceptées ou par analogie avec ces normes (voir annexe E), dont on donnera les références.

4.2.2 *Spécifications fondamentales additionnelles*

Eclateurs à gaz haute pression

Quelques types d'éclateurs à gaz à haute tension nominale continue d'amorçage emploient des gaz haute pression pour améliorer leurs caractéristiques d'amorçage dynamique. Une baisse accidentelle de pression ou le remplacement du gaz par de l'air peuvent diminuer la tension continue statique d'amorçage de ces composants et par là mettre en danger les équipements et les opérateurs dans le cas où ils sont employés sur des accès de puissance. La tension continue d'amorçage statique des éclateurs à gaz dont la pression dépasse 900 kPa doit en conséquence être spécifiée sous une pression du gaz égale à 900 kPa et sous une pression d'air de 900 kPa.

4.2.3 *Spécifications relatives à l'IEMN-HA*

Tension maximale d'amorçage dynamique

La tension maximale d'amorçage dynamique doit être spécifiée pour des pentes de 100 kV/ μ s et 1 kV/ns ou bien supérieures ²⁾.

L'éclateur à gaz doit vérifier la tension d'amorçage maximale spécifiée dans le nouvel état, après les tests non destructifs selon la norme employée pour les spécifications de base, dans l'obscurité (15 min avant l'essai), à la lumière naturelle, pour les premières décharges (15 min de temps de repos avant l'essai), pour les décharges répétitives et avec les deux polarités.

²⁾ Le montage d'essai et la procédure de mesure doivent vérifier les paragraphes 4.2 à 4.8 de la CEI 1000-4-24.

4.2 Gas discharge tubes

Applies also to spark gap devices for protection of communication and signalling circuits, but not to valve, expulsion, or non-linear resistor type arresters.

4.2.1 Basic specifications

Gas discharge tubes shall at least be specified for the following non-HEMP-relevant properties:

- d.c. spark-over voltage (guaranteed minimum and maximum values);
- maximum impulse spark-over voltage for rates of rise of 100 V/μs, 1 kV/μs, and 10 kV/μs;
- nominal impulse discharge current (nominal peak pulse current), waveform 8/20;
- maximum a.c. current 15 Hz to 62 Hz, during 1 s;
- holdover voltage;
- insulation resistance;
- capacitance;
- mechanical dimensions and tolerances.

The specifications shall be given according or analogous to a widely accepted standard (for information about standards, see annex E). The name of the standard used shall be given.

4.2.2 Additional basic specifications

High pressure gas discharge tubes

Some types of gas discharge tubes with high nominal d.c. spark-over voltages use high pressure gas to improve their spark-over characteristics for fast rising transients. An accidental loss of pressure and exchange of the gas with air may lower the d.c. spark-over voltage of such arresters, and thus endanger equipment and operators if used on power supply lines. Gas discharge tubes with a gas pressure higher than 900 kPa shall therefore additionally be specified in their d.c. spark-over voltage with a gas pressure of 900 kPa and with the gas exchanged with air under a pressure of 900 kPa.

4.2.3 HEMP-relevant specifications

Maximum impulse spark-over voltage

The maximum impulse spark-over voltage shall be specified at a rate of rise of 100 kV/μs and 1 kV/ns or higher ²⁾.

The gas discharge tubes shall meet the specified maximum spark-over voltage in the new state, after life tests according to the standard used for the basic specifications, in darkness (15 min prior to testing), in natural daylight, for first discharges (15 min recovery time prior to testing), for repetitive discharges and with either polarity.

²⁾ The test set-up and measuring procedure shall be according to 4.2 to 4.8 of IEC 1000-4-24.

Les dispositifs prévus pour emploi dans les supports coaxiaux doivent être essayés montés sur fixations de type A ³⁾. Les dispositifs prévus pour être soudés dans un circuit doivent aussi être essayés dans des fixations de type A avec les fils coupés. Dans ce cas, il faut faire mention de cette modification. Les dispositifs qui ne s'adaptent pas sans modification à des supports coaxiaux commercialisés doivent être essayés dans des fixations d'essai de type B avec mention de la longueur des fils.

Comme la surtension inductive est normalement négligeable comparée à la tension d'amorçage dynamique, il n'est pas nécessaire de spécifier l'inductance.

Courant d'écoulement impulsif

Le courant nominal d'écoulement impulsif doit être spécifié pour 30 ou 300 impulsions en onde 10/1 000 ⁴⁾.

4.3 *Varistances à oxyde métallique (MOV)*

4.3.1 *Spécifications fondamentales*

Les varistances à oxyde métallique doivent être spécifiées conformément à la CEI 1051-1 et à la CEI 1051-2.

4.3.2 *Spécifications fondamentales additionnelles*

Le courant crête maximal doit être spécifié pour une impulsion unique 8/20 et 10/1 000. D'autres formes d'onde supplémentaires peuvent être employées, telles que 2,5/23 ns, 10/350 μ s ⁴⁾.

La tension sous impulsion doit être spécifiée pour le courant crête maximum (1 impulsion 8/20) ou être lisible sur un diagramme.

Si un système de déconnexion est inclus ou recommandé, celui-ci doit être décrit dans la fiche produit.

4.3.3 *Spécifications concernant l'IEMN-HA*

Inductance

Les mécanismes de conduction dans les varistances à oxyde métalliques sont de même nature que dans les semi-conducteurs. La conduction apparaît très rapidement, dans la gamme des nanosecondes. Cependant, dans la configuration conventionnelle à deux fils, cette réaction rapide de la varistance peut être complètement masquée par l'inductance du circuit lors de l'apparition de di/dt importants. Sous conditions IEMN-HA, les tensions résiduelles d'une varistance sont la somme de la tension inductive et de la tension d'écrêtage. Comme les deux valeurs crêtes apparaissent à des temps différents, elles peuvent être traitées séparément, dans la plupart des cas ⁵⁾.

³⁾ Voir la CEI 1000-4-24.

⁴⁾ L'onde 10/1000 μ s concerne la foudre et l'IEMN-HA intermédiaire. Pour la foudre, on spécifie généralement 300 impulsions de type 10/1000 μ s. Pour l'IEMN-HA, 30 applications seraient plus utiles.

⁵⁾ La surtension par induction due à une onde de courant 8/20 μ s est plus petite de plus d'un ordre de grandeur que sous des conditions IEMN-HA.

Devices intended for use in coaxial holders shall be tested in type A test fixtures ³⁾. Devices intended to be soldered into a circuit may also be tested in type A fixtures with their leads cut away. In this case, reference shall be made to this modification. Devices that do not fit into commercially available coaxial holders without further modification shall be tested in a type B test fixture with reference to the length of the leads.

As inductive overshoot is normally negligible compared with impulse spark-over voltage, no specification of inductance is necessary.

Impulse discharge current

The nominal impulse discharge current shall be specified for 30 or alternatively 300 pulses of waveform 10/1 000 ⁴⁾.

4.3 *Metal oxide varistors (MOV)*

4.3.1 *Basic specifications*

Metal oxide varistors shall be specified according to IEC 1051-1 and IEC 1051-2.

4.3.2 *Additional basic specifications*

The maximum peak current shall be specified for a single 8/20 and a single 10/1 000 pulse. Other waveforms (such as 2,5/23 ns, 10/350 μ s) may be used additionally ⁴⁾.

The voltage under pulse conditions shall be specified for the maximum peak current (1 pulse, form 8/20) or be recognizable from an appropriate diagram.

If a disconnecting system is included or recommended it shall be described in the data sheet.

4.3.3 *HEMP-relevant specifications*

Inductance

In metal-oxide varistors, the conduction mechanism is similar to that of other semiconductor devices. Conduction occurs very rapidly in the nanosecond range. However, in the conventional two-lead configuration, this fast action of the varistor may be completely masked by the voltage drop on the inductance of the leads, when subjected to high di/dt . Under HEMP conditions the residual voltage of a varistor is the sum of the inductive voltage drop and the clamping voltage. As the two peak values do not occur at the same time, they may be treated independently in most cases ⁵⁾.

³⁾ See IEC 1000-4-24.

⁴⁾ The waveform 10/1 000 μ s relates to lightning and to the intermediate-time HEMP. For lightning specifications usually 300 applications of the pulse 10/1 000 μ s are specified. For HEMP-specifications 30 applications would be more useful.

⁵⁾ The inductive voltage drop due to a current waveform 8/20 μ s is more than an order of magnitude smaller than under HEMP conditions.

L'inductance L d'une varistance doit être spécifiée en tenant compte de la longueur de ses fils. La tension inductive peut alors être calculée selon la formule

$$u = L \times di/dt$$

où L est l'inductance de la varistance munie de fils.

L'inductance peut être calculée d'après la géométrie du parcours du courant à l'état conducteur ou mesurée selon l'annexe B.

4.4 Parafoudres à expulsion

Non recommandés pour la protection IEMN-HA.

4.5 Parafoudres à résistance variable

Définition en 3.13.

4.5.1 Spécifications fondamentales

Les parafoudres à résistance variable doivent être au moins spécifiés pour les caractéristiques suivantes, ne concernant pas l'IEMN-HA.

- tension assignée;
- tension continue d'amorçage statique (valeurs minimale et maximale garanties);
- tensions dynamiques maximales d'amorçage à des pentes de 100 V/ μ s, 1 kV/ μ s et 10 kV/ μ s;
- courant nominal d'écoulement impulsif (courant crête impulsif nominal), en onde 8/20 et 10/1 000. D'autres formes d'ondes supplémentaires peuvent être employées;
- intensité de courant alternatif maximale à la fréquence de 15 Hz à 62 Hz pendant 1 s;
- résistance d'isolement;
- capacité;
- dimensions et tolérances.

Les spécifications doivent être données conformément à la CEI 99-1 dans la mesure où cette norme s'applique.

4.5.2 Spécifications fondamentales additionnelles

La tension sous impulsion doit être spécifiée pour le courant crête maximal (forme d'onde 8/20) ou être lisible sur un diagramme.

Si un système de déconnexion est inclus ou recommandé, celui-ci doit être décrit dans la fiche produit.

4.5.3 Spécifications concernant l'IEMN-HA

Tension maximale d'amorçage dynamique

La tension maximale d'amorçage dynamique doit être spécifiée à des pentes de 100 kV/ μ s et 1 kV/ns ou supérieures.

The inductance L of a varistor shall be specified with defined lead-length. The inductive voltage drop may be calculated as

$$u = L \times di/dt$$

where L is the inductance of the varistor with leads.

The inductance may be calculated from the geometry of the current path in the conducting state or measured as proposed in annex B.

4.4 *Expulsion-type arresters*

Not recommended for HEMP protection.

4.5 *Non-linear resistor type arresters*

For definition, see 3.13.

4.5.1 *Basic specifications*

Non-linear resistor type arresters shall at least be specified for the following non-HEMP-relevant properties:

- rated voltage;
- d.c. spark-over voltage (guaranteed minimum and maximum values);
- maximum impulse spark-over voltage for rates of rise of 100 V/μs, 1 kV/μs and 10 kV/μs;
- nominal impulse discharge current (nominal peak pulse current), waveform 8/20 and 10/1 000. Other waveforms may be used additionally;
- maximum a.c. current 15 Hz to 62 Hz, during 1 s;
- insulation resistance;
- capacitance;
- mechanical dimensions and tolerances.

The specifications shall be given according to IEC 99-1 as far as this standard is applicable.

4.5.2 *Additional basic specifications*

The voltage under pulse conditions shall be specified for the maximum peak pulse current (waveform 8/20) or be recognizable from an appropriate diagram.

If a disconnecting system is included or recommended it shall be described in the data sheet.

4.5.3 *HEMP-relevant specifications*

Maximum impulse spark-over voltage

The maximum impulse spark-over voltage shall be specified at a rate of rise of 100 kV/μs and 1 kV/ns or higher.

Inductance

L'inductance L d'un parafoudre à résistance variable doit être spécifiée pour la configuration de montage proposée et définie par le fabricant. La tension inductive peut alors être calculée selon la formule:

$$u = L \times di/dt$$

L'inductance peut être calculée à partir de la géométrie du parcours du courant dans l'état conducteur ou mesurée selon l'annexe B.

4.6 *Ecrêteurs de transitoires à jonctions avalanches (diodes de protection)*

S'applique aussi à des ensembles de diodes, montées en série pour abaisser la capacité globale.

4.6.1 *Spécifications fondamentales*

Les caractéristiques suivantes, non relatives à l'IEMN-HA, des diodes de protection doivent au minimum être spécifiées:

- tension de veille (tension continue maximale);
- tension d'avalanche minimale (tension minimale à 1 mA ou 10 mA);
- courant de crête de la forme spécifiée;
- tension maximale d'écrêtage (tension maximale au courant de crête maximal);
- puissance crête (en fonction de la durée);
- capacité typique;
- dimensions et tolérances.

Les informations doivent être données selon une norme largement acceptée ou par analogie avec cette norme (pour information voir annexe E), dont on donnera les références.

4.6.2 *Spécifications relatives à l'IEMN-HA*

Puissance maximale crête impulsionnelle

La puissance maximale crête impulsionnelle doit être spécifiée pour des impulsions de courant de forme spécifiée, avec des durées aussi faibles que 100 ns, de la même façon que dans les spécifications de base.

Tension maximale d'écrêtage

La tension maximale d'écrêtage doit être spécifiée pour une onde de courant 8/20.

Inductance

La conduction apparaît dans les diodes de protection très rapidement, sans retard apparent dans la gamme des nanosecondes. Néanmoins, dans les montages conventionnels à deux fils, cette réaction rapide peut être complètement masquée par l'inductance du circuit, lors de l'apparition de di/dt importants. Sous conditions IEMN-HA, la tension résiduelle d'une diode de protection est la somme de la tension inductive et de la tension d'écrêtage. Comme les deux pics n'apparaissent pas au même moment, ils peuvent être traités séparément dans la plupart des cas.

Inductance

The inductance L of a non-linear resistor type arrester shall be specified for the mounting configuration proposed and defined by the manufacturer. The inductive voltage drop may then be calculated as

$$u = L \times di/dt$$

The inductance may be calculated from the geometry of the current path in the conducting state or measured as proposed in annex B.

4.6 *Avalanche-junction transient voltage suppressors (protective diodes)*

Applies also to combinations of diodes, connected in series for lower capacitance.

4.6.1 *Basic specifications*

At least the following non-HEMP-relevant properties of protective diodes shall be specified:

- reverse stand-off voltage (maximum d.c. voltage);
- minimum breakdown voltage (minimum voltage at 1 mA or 10 mA);
- maximum peak pulse current (of specified waveform);
- maximum clamping voltage (maximum voltage at maximum peak pulse current);
- peak pulse power (versus pulse duration);
- typical capacitance;
- mechanical dimensions and tolerances.

The information shall be given according or analogous to a widely accepted standard (for information about standards, see annex E. The name of the standard used shall be given.

4.6.2 *HEMP-relevant specifications*

Maximum peak pulse power

The maximum peak pulse power shall be specified for peak pulse currents of a specified waveform, with pulse durations as small as 100 ns, analogous to the basic specifications.

Maximum clamping voltage

The maximum clamping voltage shall be specified for a peak pulse current of waveform 8/20.

Inductance

In protective diodes conduction occurs very rapidly, with no apparent time lag in the nanosecond range. Nevertheless, in conventional two-lead configurations, this fast action may be completely masked by the voltage drop on the inductance of the leads, when subjected to high di/dt . Under HEMP conditions, the residual voltage of a protective diode is the sum of the inductive voltage drop and the clamping voltage. As the two peak values do not occur at the same time, they may be treated independently in most cases.

L'inductance L d'une diode de protection doit être spécifiée avec une longueur de fils donnée. La tension inductive peut alors être calculée selon la formule:

$$u = L \times di/dt$$

L'inductance peut être calculée à partir de la géométrie du parcours du courant dans l'état conducteur ou mesurée selon l'annexe B.

4.7 Filtres

4.7.1 Généralités

La plupart des filtres pour l'IEMN-HA sont employés en association avec des éléments non linéaires. Sous cette forme, ils intègrent et donc atténuent les impulsions résiduelles après la protection primaire. En plus, ils peuvent apporter un découplage entre les éléments de protection secondaires et primaires. Ils empêchent également la pénétration des courants induits à l'intérieur des volumes blindés.

Comme il n'existe pas de normes officielles traitant des spécifications correspondant aux fonctions citées plus haut, il n'existe pas de spécifications de base à mentionner ici. En conséquence, la présente norme doit aussi traiter de spécifications qui ne sont pas limitées à l'IEMN-HA.

4.7.2 Spécifications fondamentales

Les filtres doivent être spécifiés selon la CEI 939-1 et la CEI 939-2.

4.7.3 Spécifications fondamentales additionnelles pour des filtres autres que pour l'énergie

S'applique aux filtres pour signaux, données, télécommunications et autres, non couverts par les paragraphes 4.7.4 et 4.10.

Diagramme de circuit

Le diagramme simplifié du circuit montrant les éléments essentiels doit être donné avec les valeurs nominales de ses composants, incluant la résistance en courant continu de la boucle de courant.

Perte d'insertion (affaiblissement d'insertion de la CISPR 17)

La perte d'insertion doit être spécifiée pour deux cas potentiellement différents:

La perte d'insertion doit être spécifiée pour les impédances en utilisation normale (générateur et charge), ainsi que la configuration (symétrique ou asymétrique) et la gamme de fréquences en usage normal (incluant la bande coupée avec $\alpha \leq 12$ dB). Les mesures doivent être faites selon la CISPR 17 sans courant ou tension de charge.

Pour des conditions liées à l'action de la protection, la spécification doit être donnée en mode non symétrique (filtre par rapport à la masse). La gamme de fréquences doit aller de 10 kHz à 100 MHz pour les filtres qui ne sont pas en configuration de «traversée de paroi» et jusqu'à 1 GHz pour des filtres qui sont en configuration de «traversée de paroi». La fréquence passe-bas nominale de coupure (à 3 dB) doit être spécifiée ou être lisible sur le diagramme de perte d'insertion. Dans la bande coupée, la perte d'insertion doit être donnée comme un minimum garanti. L'impédance du générateur doit être de 50 Ω . La perte d'insertion doit être donnée pour deux impédances de charge (par rapport à la charge):

The inductance L of a protective diode shall be specified with defined lead length. The inductive voltage drop may be calculated as

$$u = L \times di/dt.$$

The inductance may be calculated from the geometry of the current path in the conducting state or measured as proposed in annex B.

4.7 Filters

4.7.1 General

Although most filters may not be regarded as independent measures against HEMP-induced conducted disturbance, they are often used in HEMP protection together with voltage limiting devices. In this combination, they integrate and thus attenuate the residual voltage pulses passing by the primary protection elements. Additionally, they may provide decoupling between the primary and secondary protection elements. They also prevent currents induced in penetrating wires from entering inside the shielded volume.

As there are no official standards dealing with filter specifications corresponding to the above functions, no such basic specifications can be mentioned here. Consequently, the present standard also has to deal with specifications which are not limited to HEMP.

4.7.2 Basic specifications

Filters shall be specified according to IEC 939-1 and IEC 939-2.

4.7.3 Additional basic specifications for non-power line filters

Applies to signal-, data-, and telecommunication line filters and other filters which are not covered by 4.7.4 and 4.10.

Circuit diagram

The simplified circuit diagram showing fundamental elements shall be given with the nominal values of its components, including the d.c. resistance of the longitudinal current path.

Insertion loss (see CISPR 17)

The insertion loss shall be specified for two potentially different cases:

For normal operating conditions the specification shall be given for the impedances (generator and load), the configuration (balanced or unbalanced) and the frequency range proposed for normal operation (including the part of the stop band with $I_1 \leq 12$ dB). The measurements shall be made in accordance with CISPR 17, standard method, without current or voltage load.

For protective action conditions the specification shall be given in an unbalanced configuration (filter path against ground). The frequency range shall be from 10 kHz to 100 MHz for filters in non-feedthrough configurations and up to 1 GHz for filters in feedthrough configurations. The nominal lowpass cutoff frequency (3 dB point) shall be specified or be recognizable from the insertion loss diagram. In the stop band, the insertion loss shall be given as a guaranteed minimum value. The generator impedance shall be 50 Ω . The insertion loss shall be given for two load impedances (to ground):

- 50 Ω (ou toute autre valeur proposée par le fabricant);
- ≥ 100 k Ω .

Les mesures doivent être faites selon la CISPR 17 sans courant ou tension de charge.

Tenue diélectrique du côté non protégé

La tenue diélectrique du filtre doit être spécifiée pour une impulsion de tension de forme 1,2/50 appliquée sur le côté non protégé du filtre.

4.7.4 Spécifications fondamentales additionnelles pour des filtres pour énergie

S'applique à tous les filtres qui peuvent être utilisés sur les accès énergie du courant continu à 400 Hz.

Diagramme du circuit

Le diagramme simplifié du circuit montrant les éléments essentiels doit être donné avec les valeurs nominales de ses composants, incluant la résistance en courant continu de la boucle de courant.

Perte d'insertion (voir CISPR 17)

La perte d'insertion doit être spécifiée pour deux cas différents:

- a) En conditions normales de fonctionnement, la spécification doit être donnée pour la configuration proposée par le fabricant. L'impédance du générateur doit être 0,1 Ω . La charge doit être une résistance ohmique définie comme suit: tension nominale divisée par courant nominal. La gamme de fréquences s'étend de 1 kHz à 50 kHz. Les mesures doivent être réalisées selon la CISPR 17, méthode approchée pour les filtres énergie.
- b) Pour des conditions liées à l'action de la protection, la spécification doit être donnée en mode non symétrique (filtre à la masse). La gamme de fréquences doit couvrir de 50 kHz à 100 MHz pour des filtres qui ne sont pas installés en traversée de paroi et jusqu'à 1 GHz pour des filtres installés en traversée de paroi. L'impédance du générateur doit être de 50 Ω . La perte d'insertion doit être donnée pour deux impédances de charge (par rapport à la terre):
 - 50 Ω ;
 - ≥ 100 k Ω .

Les mesures doivent être faites selon la CISPR 17 sans courant ni tension de charge.

Tenue diélectrique de l'accès non protégé

La tenue diélectrique du filtre doit être spécifiée pour une impulsion de tension de forme 1,2/50 appliqué sur le côté non protégé.

Courant alternatif de fuite à la terre

Le courant maximal de fuite à la terre doit être spécifié pour chaque conducteur du filtre porté à la tension maximale de service avec les autres conducteurs déconnectés.

- 50 Ω (or the value proposed for application by the manufacturer);
- ≥ 100 k Ω .

The measurements shall be in accordance or analogous to CISPR 17, standard method, without current or voltage load.

Dielectric strength of unprotected input

The dielectric strength of the filter shall be specified for a voltage pulse of waveform 1,2/50 applied from the unprotected side of the filter.

4.7.4 Additional basic specifications for power-line filters

Applies to all filters that may be used on power supply lines from d.c. to 400 Hz.

Circuit diagram

The simplified circuit diagram showing fundamental elements shall be given with the nominal values of its components, including the ohmic resistance of the longitudinal current path.

Insertion loss (see CISPR 17)

The insertion loss shall be specified for two potentially different cases:

- a) for normal operating conditions the specification shall be given for the configuration proposed by the manufacturer. The generator impedance shall be 0,1 Ω . The load shall be an ohmic resistance determined as: rated voltage divided by rated current. The frequency range shall be from 1 kHz to 50 kHz. The measurements shall be made in accordance with CISPR 17, approximate method for power line filters;
- b) for protective action conditions the specification shall be given in an unbalanced configuration (filter path against ground). The frequency range shall be from 50 kHz to 100 MHz for filters in non-feedthrough configurations and up to 1 GHz for filters in feedthrough configurations. The generator impedance shall be 50 Ω . The insertion loss shall be given for two load impedances (to ground):
 - 50 Ω
 - ≥ 100 k Ω

The measurements shall be made in accordance or analogous to CISPR 17, standard method, without current or voltage load.

Dielectric strength of unprotected input

The dielectric strength of the filter shall be specified for a voltage pulse of waveform 1,2/50 applied from the unprotected side of the filter.

AC leakage current to ground

The maximum a.c. leakage current to ground shall be specified for each filter path connected to the specified maximum operational voltage with the other filter paths left open (disconnected).

Impédance d'entrée

Si l'impédance d'entrée mesurée entre les conducteurs du filtre associé (avec la charge résistive nominale) est inférieure à 80 % de l'impédance de la charge nominale dans la bande entre 50 Hz et 3 000 Hz, alors l'impédance d'entrée doit être spécifiée. Une méthode pour mesurer l'impédance d'entrée est donnée en annexe D. Cette spécification concerne l'influence d'un filtre sur les systèmes de signalisation du réseau énergie.

4.7.5 Spécifications relatives à l'IEMN-HA

La spécification relative à l'IEMN-HA est la perte d'insertion à haute fréquence. Elle est déjà incluse dans les spécifications de base additionnelles.

Si les filtres doivent être spécifiés pour leur comportement en association avec des limiteurs de tension, la spécification doit être faite selon 4.8 avec le limiteur de tension et le montage clairement définis.

4.8 Circuits de protection

4.8.1 Généralités

Pour la définition et les types de circuits de protection, voir l'annexe A.

La présente norme doit prendre en considération à la fois les spécifications pertinentes pour la foudre et celles pour l'IEMN-HA.

4.8.2 Spécifications

Généralités

Les spécifications des éléments de protection primaire et secondaire employés dans le circuit de protection doivent être données comme des valeurs nominales et dans les mêmes termes que les éléments uniques.

Diagramme du circuit

Le diagramme simplifié du circuit montrant les éléments essentiels doit être donné comme faisant partie de la spécification. Voir par exemple l'annexe A.

Courant impulsionnel de décharge

Le courant impulsionnel de décharge doit être spécifié pour les ondes 8/20 et 10/1 000 ⁶⁾. D'autres formes d'ondes supplémentaires (comme 2,5/23 ns, 10/350 µs) peuvent être employées.

Le courant impulsionnel de décharge spécifié de la protection primaire doit aussi être appliqué au circuit de protection dans son ensemble. Pour les dispositifs à deux conducteurs, la spécification est faite pour une impulsion sur un côté non protégé à la fois.

⁶⁾ L'onde 10/1 000 µs concerne la foudre et les temps intermédiaires de l'IEMN-HA. Pour la foudre, on spécifie généralement 300 impulsions de type 10/1 000 µs. Pour l'IEMN-HA, 30 applications seraient plus utiles.

Input impedance

If the input impedance measured between associated filter paths (with nominal resistive load) is lower than 80 % of the impedance of the nominal resistive load in the range between 50 Hz and 3 000 Hz, the input impedance shall be specified. A method for measuring the input impedance is given in annex D. This specification applies to the influence of a filter on mains signalling systems.

4.7.5 HEMP-relevant specifications

The HEMP-relevant specification is the insertion loss at high frequencies. It is already included in the additional basic specifications.

If filters have to be specified for their behaviour together with voltage limiting devices, the specification shall be made according to 4.8 with the voltage limiting device and the test set-up clearly defined.

4.8 Protection circuits

4.8.1 General

For definition and types of protection circuits, see annex A.

The present standard has to consider both the lightning- and the HEMP-relevant specifications.

4.8.2 Specifications

General

Specifications of primary and secondary protection elements used in the protection circuit shall be given as nominal values and in the same terms as the corresponding single elements would have to be specified.

Circuit diagram

The simplified circuit diagram showing fundamental elements shall be given as part of the specification. For example, see annex A.

Impulse discharge current

The impulse discharge current shall be specified for the waveforms 8/20 and 10/1 000 ⁶⁾. Other waveforms (such as 2,5/23 ns, 10/350 µs) may be used additionally.

The specified impulse discharge current of the primary protection element shall also apply to the protection circuit as a whole. For two-path devices, the specification is made assuming one impulse into one unprotected terminal at a time.

⁶⁾ The waveform 10/1 000 µs relates to lightning and to the intermediate time HEMP. For lightning specifications usually 300 impulses 10/1 000 µs type are specified. For HEMP, 30 applications would be more useful.

La référence à la présente norme implique que les éléments secondaires ne doivent être détruits par aucune impulsion de tension ou de courant de durée inférieure à 1 ms appliquée du côté non protégé, qui ne détruirait pas la protection primaire correspondante. Pour des circuits de protection employant des limiteurs de tension comme éléments secondaires, la durée de cette impulsion doit être spécifiée si elle excède 1 ms. Mention en sera faite en tant que «durée d'impulsion la plus longue admissible pour la protection secondaire».

Tension résiduelle en mode commun

La tension résiduelle en mode commun doit être spécifiée soit comme un «cas le plus défavorable» faisant référence à toutes les sollicitations suivantes apparaissant entre chaque côté non protégé et la terre, soit comme une valeur indépendante pour chaque critère. La tension résiduelle doit être mesurée avec une impédance par rapport à la terre suffisamment élevée pour ne pas influencer la forme d'onde et l'amplitude de la tension résiduelle. Les sollicitations sont les suivantes:

- a) *courant de décharge impulsionnel spécifié*: ondes 8/20 et 10/1 000. D'autres formes d'ondes supplémentaires (comme 2,5/23 ns, 10/350 μ s) peuvent aussi être employées;
- b) *du/dt critique*: du/dt pour lequel le filtre est sollicité pour produire un maximum d'oscillations et par conséquent une tension résiduelle maximale. Ce critère s'applique seulement aux circuits de protection utilisant des écrouleurs de tension et des filtres (annexe A, types a, e, g);
- c) *courant critique de décharge*: courant de décharge de forme rectangulaire, de durée telle que le filtre oscille au maximum et que l'élément primaire soit sollicité à ses limites. Cette sollicitation s'applique seulement aux dispositifs qui emploient un limiteur de tension en élément primaire et un filtre en élément secondaire (annexe A, types b et g);
- d) *tension d'entrée critique*: la plus grande tension de forme rectangulaire d'une durée égale à 1 ms ⁷⁾ qui ne rende pas conducteur l'élément primaire. Ce critère s'applique seulement aux écrouleurs de tension en protection primaire associés à un limiteur de tension en protection secondaire (annexe A, type c et f);
- e) *du/dt élevés*: du/dt de 1 kV/ns ou plus, sur une charge de 50 Ω ⁸⁾. Ce critère s'applique seulement aux écrouleurs de tension en protection primaire (annexe A, types a, c, e, f et g);
- f) *di/dt élevés*: di/dt spécifiés à 40 A/ns ou plus ⁹⁾. Ce critère s'applique seulement aux dispositifs dont la protection primaire est de type limiteur de tension (annexe A, types b et d).

Pour les protections à deux conducteurs (réseau à six bornes), les critères ci-dessus s'appliquent entre chaque côté non protégé et la masse. La borne inemployée doit être laissée ouverte. Les essais concernant les critères a, c et d peuvent beaucoup solliciter le DUT. Pour les essais d'acceptation, des valeurs plus basses peuvent être spécifiées.

Tensions résiduelles différentielles

Cette spécification s'applique seulement aux dispositifs à deux conducteurs. La tension différentielle résiduelle est spécifiée en partant du principe que les deux bornes du côté non protégé sont soumises aux mêmes critères au même instant. C'est la tension créée par l'inégalité des propriétés du circuit de protection sur chaque conducteur. La tension

⁷⁾ Si l'impulsion «la plus longue admissible par la protection secondaire» est spécifiée plus longue que 1 ms, la valeur spécifiée doit être employée.

⁸⁾ Cette valeur peut être spécifiée selon 4.3 et 4.9 de la CEI 1000-4-24. La méthode d'essai doit être conforme à 4.8 de la présente norme.

⁹⁾ Voir 4.8.1 de la CEI 1000-4-24.

Reference to the present standard shall imply that no secondary protection element may be destroyed by any voltage or current pulse shorter than 1 ms from unprotected terminals to ground, which does not destroy the corresponding primary protection element. For protection circuits using voltage limiting elements for secondary protection, the duration of this pulse may be specifically designated if it is longer than 1 ms. It shall be referred to as the "longest allowable pulse on secondary protection".

Residual voltage to ground

The residual voltage to ground shall either be specified as one "worst case" value, referring to all the following criteria occurring from every unprotected terminal to ground, or as a separate value for each criterion. The residual voltage shall be measured with an impedance to ground high enough not to influence the waveshape and amplitude of the residual voltage. The criteria are the following:

- a) *specified impulse discharge current of waveforms 8/20 and 10/1 000*. Other waveforms (such as 2,5/23 ns, 10/350 μ s) may be used additionally;
- b) *critical du/dt*: du/dt for which the filter is optimally stimulated to produce oscillations, and the residual voltage reaches a maximum. This criterion applies only to protection circuits using voltage breakdown devices and filters (annex A, types a, e, g);
- c) *critical discharge current*: discharge current of rectangular waveform, of a duration for which the filter is optimally stimulated to produce oscillations and the primary protection element is stressed to its limit. This criterion applies only to devices using voltage limiting elements for primary protection and filters for secondary protection (annex A, types b and g);
- d) *critical input voltage*: the highest input voltage of a rectangular waveform and a duration of 1 ms ⁷⁾, that does not drive the primary protection element into the conducting state. This criterion applies only to protection circuits using voltage breakdown devices as primary protection elements and voltage limiting devices as secondary protection elements (annex A, types c and f);
- e) *high du/dt*: prospective du/dt of 1 kV/ns or higher, into a 50 Ω termination ⁸⁾. This criterion applies only to protection circuits using voltage breakdown devices for primary protection (annex A, types a, c, e, f and g);
- f) *high di/dt*: specified di/dt of 40 A/ns or higher ⁹⁾. This criterion applies only to devices using voltage limiting elements for primary protection (annex A, types b and d).

For two-path devices (six-terminal networks), the above criteria apply from each unprotected terminal to ground. The unused terminal shall be left open. Tests concerning criteria a, c, and d may stress the DUT. For acceptance tests, lower values may be specified.

Differential residual voltage

This specification applies only to two-path devices. The specified differential residual voltage is based on the assumption that both unprotected terminals are subjected to the same criterion at the same time. It is the voltage produced by the protection circuit due to unequal properties of the protective elements in the two paths. The differential residual voltage shall be specified

⁷⁾ If the "longest allowable pulse on secondary protection" is specified longer than 1 ms, the specified value shall be used.

⁸⁾ This value may be specified higher, according to 4.3 and 4.9 of IEC 1000-4-24. The test methods shall be according to 4.8 of this standard.

⁹⁾ See 4.8.1 of IEC 1000-4-24.

différentielle résiduelle doit être spécifiée en termes de «cas le plus défavorable», y compris les sollicitations suivantes apparaissant entre côtés non protégés et masse:

a) *décharge impulsionnelle de courant de forme 8/20, à 50 % de l'amplitude spécifiée. La tension résiduelle différentielle est égale à la différence entre les valeurs crête mesurées indépendamment sur les deux conducteurs en prenant en compte le cas le plus défavorable sur les tolérances des éléments de protection;*

Pour les essais d'acceptation, des critères moins sévères peuvent être spécifiés.

b) $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$. Test selon la figure 1.

c) $du/dt = 1 \text{ kV}/\text{ns}$. Test selon la figure 1, du/dt défini sur impulsion d'évaluation ⁹⁾.

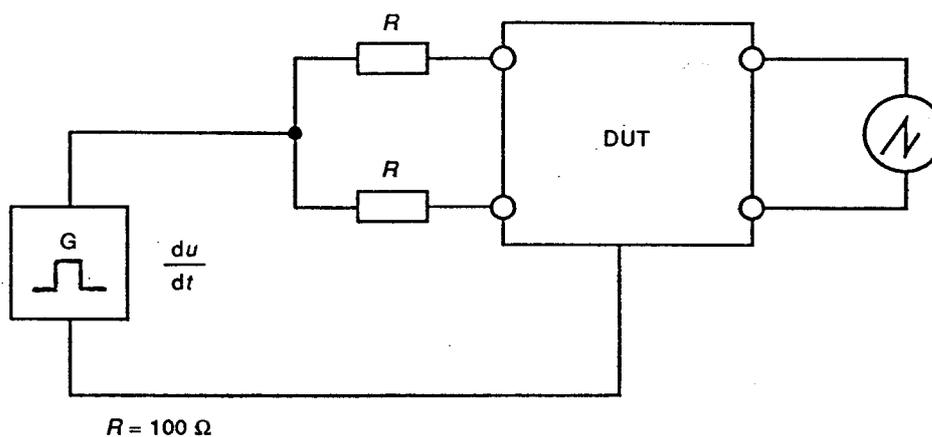


Figure 1 – Mesure de la tension résiduelle différentielle pour les dispositifs à deux conducteurs avec $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ et $1 \text{ kV}/\text{ns}$

⁹⁾ Voir 4.8.1 de la CEI 1000-4-24.

in "absolute worst case" terms, including the following criteria occurring from both unprotected terminals to ground:

- a) *impulse discharge current of waveform 8/20, having 50 % of the specified amplitude.* The differential residual voltage is the difference between the peak values measured independently on the two paths, assuming worst case tolerance conditions for the protective elements.

For acceptance tests, lower criteria may be specified.

- b) $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$. Test according to figure 1.
 c) $du/dt = 1 \text{ kV}/\text{ns}$. Test according to figure 1, du/dt defined on the prospective pulse ⁹⁾.

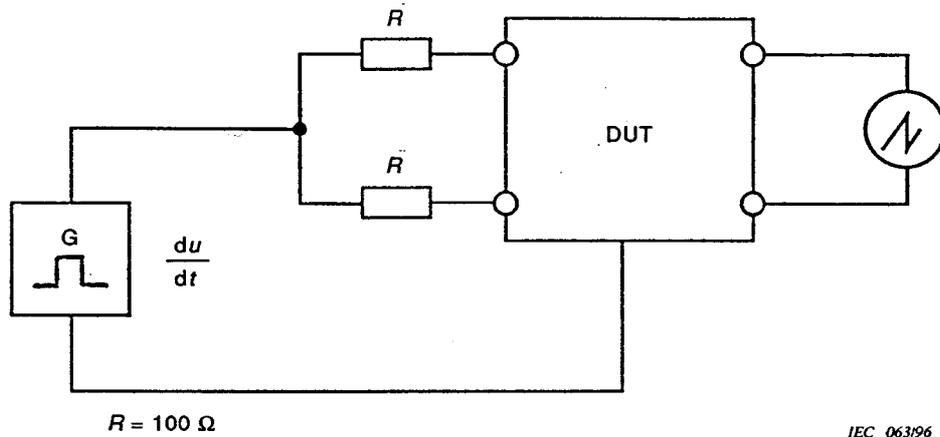


Figure 1 – Measurement of differential residual voltage for two-path devices under $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ and $1 \text{ kV}/\text{ns}$

⁹⁾ See 4.8.1 of IEC 1000-4-24.

L'impédance d'entrée de l'oscilloscope doit être suffisamment élevée pour ne pas influencer la forme et l'amplitude de la tension résiduelle.

Les tensions résiduelles différentielles relatives aux critères a, b et c peuvent aussi être spécifiées séparément.

Perte d'insertion (voir CISPR 17)

La perte d'insertion doit être spécifiée de la même manière que pour les filtres (voir 4.7.3 pour les circuits autres que pour l'énergie et 4.7.4 pour les circuits de protection pour énergie).

4.9 *Parafoudres de sécurité*

4.9.1 *Généralités*

Pour la définition et les types de parafoudres de sécurité voir l'annexe C.

Les parafoudres de sécurité sont conçus pour répondre aux consignes de sécurité applicables aux personnes manipulant des équipements mobiles. Les équipements mobiles sont caractérisés par un cordon d'alimentation souple et de ce fait vulnérable. Le danger d'une coupure accidentelle du fil de mise à la terre est souvent contourné par la réduction des courants de fuite.

Comme la protection contre la foudre intéresse surtout les installations fixes, les parafoudres de sécurité peuvent être considérés comme des protections typiquement IEMN-HA. Comme il n'existe à ce jour pas de normes internationales traitant de ce problème, les deux aspects sécurité et protection doivent être traités dans la présente section.

4.9.2 *Spécifications concernant la sécurité*

Comme le montre l'annexe C, chaque élément de protection d'un parafoudre de sécurité doit répondre à des exigences spéciales dans certains pays. Les parafoudres de sécurité doivent ainsi être spécifiés pour les paramètres suivants de leurs éléments:

Eclateurs à gaz

- tension statique minimale d'amorçage;
- courant impulsionnel de décharge, onde 8/20. D'autres formes d'onde supplémentaires (comme 2,5/23 ns, 10/350 μ s) peuvent aussi être employées.

Varistances à oxydes métalliques

- tension minimale de référence (tension de varistance) à 1 mA;
- courant impulsionnel de décharge, onde 8/20. D'autres formes d'onde supplémentaires (comme 2,5/23 ns, 10/350 μ s) peuvent aussi être employées.

4.9.3 *Spécifications concernant la protection*

Diagramme du circuit

Le diagramme simplifié du circuit montrant les éléments essentiels doit faire partie de la spécification.

The input impedance of the oscilloscope shall be high enough not to influence the waveshape and amplitude of the residual voltage.

The differential residual voltages related to criteria a, b and c may also be specified separately.

Insertion loss (see CISPR 17)

The insertion loss shall be specified in the same way as for filters (see 4.7.3 for non-power line protection circuits, and 4.7.4 for power line protection circuits).

4.9 *Safety arresters*

4.9.1 *General*

For definition and types of safety arresters, see annex C.

Safety arresters are designed to meet the special demands for personal safety in connection with mobile equipment. Mobile equipment is characterized by a flexible and thus vulnerable power supply cable. The danger of a possible interruption of the grounding wire is often met by measures reducing the leakage current.

As lightning protection measures are usually related to fixed installations, safety arresters may be regarded as typical HEMP protection devices. As there are so far no international standards dealing with safety arresters, both the safety and the surge relevant aspects must be treated in the present standard.

4.9.2 *Safety relevant specifications*

As shown in annex C, each protective element of a safety arrester must meet special demands in some countries. Safety arresters shall therefore be specified for the following parameters of their elements:

Gas discharge tube

- minimum d.c. spark-over voltage;
- impulse discharge current, waveform 8/20. Other waveforms (such as 2,5/23 ns and 10/350 µs) may be used additionally.

Metal oxide varistors

- minimum reference voltage (varistor voltage) at 1 mA;
- impulse discharge current, waveform 8/20. Other waveforms (such as 2,5/23 ns and 10/350 µs) may be used additionally.

4.9.3 *Surge relevant specifications*

Circuit diagram

The simplified circuit diagram showing fundamental elements shall be given as part of the specification.

Courant impulsionnel maximal de décharge

Le courant impulsionnel maximal de décharge doit être spécifié comme une impulsion unique sur une borne à la fois, en onde 8/20. D'autres formes d'onde supplémentaires (comme 2,5/23 ns, 10/350 μ s) peuvent aussi être employées.

Tension résiduelle de mode commun

La tension résiduelle de mode commun doit être spécifiée soit comme une valeur unique de cas le plus défavorable, en référence à toutes les sollicitations suivantes apparaissant entre chaque borne et la masse, ou bien comme une valeur donnée pour chaque critère:

- a) *courant impulsionnel de décharge spécifié en onde 8/20*. D'autres formes d'onde peuvent être spécifiées;
- b) $du/dt = 1 \text{ kV/ns}$, $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $10 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $100 \text{ kV}/\mu\text{s}$, (toutes les valeurs sont des «cas les plus défavorables»).

La tension résiduelle doit être mesurée avec une impédance de mode commun suffisamment élevée pour ne pas perturber la forme d'onde et l'amplitude de la tension résiduelle.

Tension résiduelle de mode différentiel

La tension différentielle est spécifiée en partant du principe que les deux bornes du côté non protégé sont soumises aux mêmes sollicitations au même instant. C'est la tension créée par l'inégalité des propriétés du circuit de protection sur chaque conducteur.

Elle doit être spécifiée comme la différence entre les valeurs crête de mode commun qui apparaissent indépendamment sur chaque branche sous une décharge impulsionnelle de forme 8/20 et d'une amplitude I/n (I = courant de décharge impulsionnel spécifié pour chaque branche, n = nombre de branches) en prenant en compte le cas le plus défavorable sur les tolérances concernant les éléments de protection. La tension résiduelle doit être mesurée sur une impédance suffisamment élevée pour ne pas perturber la forme d'onde et l'amplitude de la tension résiduelle.

Pour les essais d'acceptation, des critères moins sévères peuvent être spécifiés.

4.10 Protections coaxiales pour circuit r.f.

4.10.1 Généralités

L'insertion de protections peut gravement perturber les conditions de fonctionnement de circuit r.f. Pour cette raison les protections coaxiales pour circuit r.f. sont considérées à part, bien que certaines pourraient être classées dans d'autres catégories comme les éclateurs à gaz ou les filtres.

Par la suite, on s'intéressera à deux sous-catégories de protections: les lignes quart d'onde ou résonateurs et les supports coaxiaux (pour les limiteurs de tension et les écrouleurs de tension).

4.10.2 Spécifications fondamentales

Les paramètres électriques doivent être donnés pour l'impédance caractéristique et la gamme de fréquences et tensions d'utilisation normale. Pour les supports coaxiaux ou autres protections avec éléments interchangeables, le type d'éléments à employer doit être décrit. L'élément utilisé pour les spécifications doit être donné avec le numéro de type et le fabricant.

Maximum impulse discharge current

The maximum impulse discharge current shall be specified as single pulse into one terminal at a time, for waveform 8/20. Other waveforms (such as 2,5/23 ns and 10/350 μ s) may be used additionally.

Residual voltage to ground

The residual voltage to ground shall either be specified as a single worst case value, referring to all of the following criteria occurring from every terminal to ground, or as a separate value for each criterion:

- a) *specified impulse discharge current of waveform 8/20*. Additional waveforms may be specified;
- b) $du/dt = 1 \text{ kV/ns}$, $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $10 \text{ kV}/\mu\text{s}$, $100 \text{ kV}/\mu\text{s}$ (all values are "worst case").

The residual voltage shall be measured with an impedance to ground high enough not to influence the waveshape and amplitude of the residual voltage.

Differential residual voltage

The specified differential residual voltage is based on the assumption that all terminals are subjected to the same criterion at the same time. It is the voltage produced by the safety arrester due to unequal properties of the protective elements in the different branches.

It shall be specified as the difference between the peak values to ground appearing independently on each branch, under an impulse discharge current to ground of waveform 8/20 and an amplitude of I/n (I = specified impulse discharge current for each branch, n = number of branches), assuming worst case tolerance conditions for the protective elements. The residual voltage shall be measured with an impedance high enough not to influence the waveshape and amplitude of the residual voltage.

For acceptance tests, lower criteria may be specified.

4.10 *Coaxial r.f.-circuit protectors*

4.10.1 *General*

Insertion of protective devices may considerably influence the normal operating properties of r.f.-circuits. For that reason coaxial r.f.-circuit protectors are dealt with in this separate clause, although some of them would fit as well in other categories like gas discharge tubes or filters.

In the following, reference is made to two subcategories of protectors: stub-lines or resonators and coaxial holders (for voltage breakdown and voltage limiting devices).

4.10.2 *Basic specifications*

Electrical parameters shall be given for the specified characteristic impedance and the normal operating frequency and voltage range. For coaxial holders or other protectors with exchangeable elements, the type of elements that might be used shall be described. The element used for specifications shall be given with type number and manufacturer.

Les protections pour circuits *r.f.* doivent être spécifiées pour les propriétés suivantes ne concernant pas l'IEMN-HA:

Diagramme du circuit

Le diagramme simplifié du circuit montrant les éléments essentiels doit être fourni avec les valeurs nominales de ses composants. La longueur et la résonance principale (longueur exprimée en longueur d'onde, ouvert ou en court-circuit) doivent être lisibles sur le diagramme du circuit ainsi que tous les passages par zéro.

Pertes d'insertion

Coefficient de réflexion, atténuation de réflexion ou taux d'ondes stationnaires.

Courant impulsionnel maximal de décharge (pour une forme d'onde donnée)

La spécification de cette valeur implique que le connecteur coaxial et que les différents contacts ne fondent ou ne changent pas de paramètre de fonctionnement normal, après application du courant spécifié impulsionnel maximal de décharge.

4.10.3 Spécifications relatives à l'IEMN-HA pour les supports coaxiaux

Ces spécifications doivent être données de la même manière que pour les éléments de protection à insérer dans le support (éclateurs à gaz, varistances à oxyde métalliques, diodes de protection, etc.). Les spécifications doivent tenir compte de l'influence du support et de l'élément inséré.

L'élément pour lequel la spécification est valable doit être identifié par son numéro de type et son fabricant.

4.10.4 Spécifications relatives à l'IEMN-HA pour les lignes quart d'onde et les résonateurs

Pertes d'insertion (voir CISPR 17)

La perte d'insertion doit être donnée depuis le courant continu (ou bien la fréquence basse à 6 dB) jusqu'au 5^e harmonique de la plus haute fréquence spécifiée en usage normal, mais au moins 100 MHz. Les points à 3 dB de la bande passante doivent être lisibles sur le diagramme de perte d'insertion. La spécification doit être valable pour les signaux jusqu'à la valeur maximale spécifiée du courant impulsionnel de décharge, c'est-à-dire qu'il n'y a pas apparition de claquages ou de saturations dans cette gamme.

Tension résiduelle de mode commun

Cette spécification s'applique seulement aux protections qui contiennent des limiteurs de tension aux éléments secondaires. Ces protections doivent être spécifiées selon 4.8.

R.f.-circuit protectors shall be specified for the following non-HEMP-relevant properties:

Circuit diagram

The simplified circuit diagram showing fundamental elements shall be given with the nominal values of its components. The length and principal action of resonance lines (length expressed in wavelength, open or short-circuited at the end) shall be recognizable from the circuit diagram as well as any d.c. stops or d.c. bypasses to ground.

Insertion loss

Reflection coefficient, return loss or standing wave ratio.

Maximum impulse discharge current (for given waveform)

Specification of this value implies that coaxial connectors and contacts to the inserted elements do not weld or change their parameters for normal operation when subjected to the specified maximum impulse discharge current.

4.10.3 HEMP-relevant specifications for coaxial holders

HEMP-relevant specifications shall be given in the same way as for the protective elements to be inserted into the holder (gas discharge tube, metal-oxide varistor, protective diode, etc.). The specifications shall include the influence of both the holder and the inserted protective element.

The element for which the specifications are valid shall be given with type number and manufacturer.

4.10.4 HEMP-relevant specifications for stub lines and resonators

Insertion loss (see CISPR 17)

The insertion loss shall be given from d.c. (or the lowest 6 dB point) up to the fifth harmonic of the highest signal frequency specified for normal operation, but at least to 100 MHz. The 3 dB points of the passbands shall be specified or be recognizable from the insertion loss diagram. The specification shall be valid for signals up to the specified maximum impulse discharge current, i.e. that no undesired flashover or saturation effects occur within this range.

Residual voltage to ground

This specification applies only to protectors containing voltage limiting secondary protection elements. These protectors shall be specified according to 4.8.

Annexe A (informative)

Revue des circuits génériques de protection et de leur application dans la protection contre les surtensions

A.1 Objet

L'annexe A définit les types génériques des circuits de protection. Cette annexe est citée en 4.8.2.

A.2 Définition

Un circuit de protection est une combinaison à quatre ou six bornes d'éléments de protection primaire et secondaire qui est déjà faite et commercialement disponible. Cette combinaison comporte au moins un élément série pour découpler des éléments de type écrouteurs et/ou limiteurs de tension.

A.3 Généralités

Les circuits de protection combinent les spécifications désirées de différents types d'éléments de protection, par exemple capacité à écouler de forts courants de décharge avec des limitations en fréquence et/ou de faibles tensions résiduelles de sortie. Ils résolvent aussi les désavantages les plus contraignants de tous les éléments de protection primaire à deux bornes: la surtension inductive due à des forts di/dt .

Il convient que les circuits de protection prévus pour un usage en protection IEMN-HA sur des lignes longues (lignes avec une référence opérationnelle ou accidentelle par rapport à la masse à l'autre extrémité) supportent des surtensions liées à la foudre pendant une durée d'au moins 1 ms. En règle générale, il convient qu'un circuit de protection ne soit pas détruit ni ne montre de propriétés autres que celles spécifiées lors de l'application de n'importe quelle surtension sur le côté non protégé pendant une durée inférieure à 1 ms, sans que l'élément de protection primaire ne soit détruit au même instant.

A.4 Types de circuits de protection et leurs applications typiques

Les éléments série de découplage Z_L comportent toujours un composant résistif et un composant inductif. Les diagrammes du circuit montrent seulement les composants principaux. D'autres configurations peuvent aussi être employées.

Annex A (informative)

Survey of generic protection circuits and their application in surge protection

A.1 Scope

Annex A defines generic types of protection circuits. This annex is referenced in 4.8.2.

A.2 Definition

A protection circuit is a ready-made, commercially available, four- or six-terminal combination of primary and secondary protective elements, containing at least one longitudinal element for decoupling various voltage-breakdown and/or voltage-limiting elements.

A.3 General

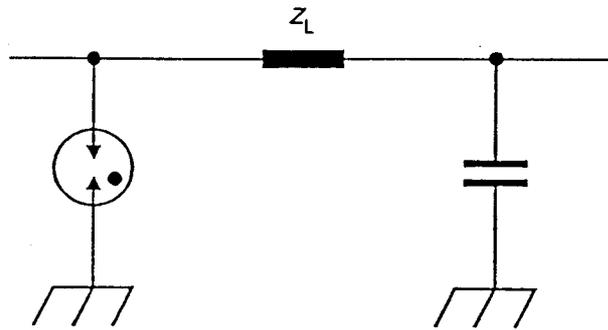
Protection circuits combine desirable specifications of different types of protective elements, for example high discharge current capability with bandwidth limitations and/or low residual (output) voltage. They also overcome the severest disadvantage of all two-terminal, primary protection elements, i.e. the inductive voltage drop (voltage overshoot) under high dI/dt .

Protection circuits intended to be used for HEMP protection on long lines (lines with an operational or accidental reference to ground at the other end) should also be capable of withstanding surges originating from lightning events, i.e. pulses of at least 1 ms duration. As a general rule, a protection circuit should neither be destroyed nor show any other properties than those specified under any surge event from the unprotected side, of a duration of less than 1 ms, without the primary protection element being destroyed at the same time.

A.4 Types of protection circuits and their typical applications

Longitudinal decoupling elements Z_L always include a resistive component and an inductive component. The circuit diagrams show only the principal components. Other configurations may also be used.

Type a

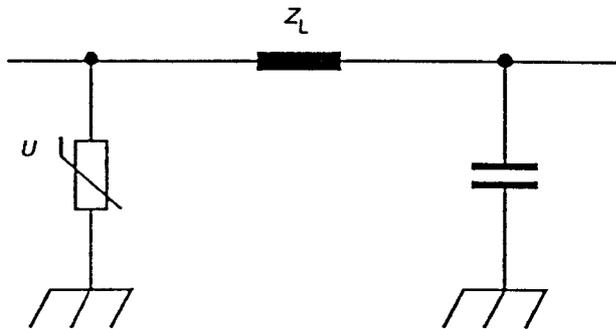


CEI 064196

Les filtres passe-bas intègrent la tension résiduelle derrière un éclateur à gaz et diminuent ainsi la valeur crête de la tension de sortie. Un faible Q de filtre diminue la tension de sortie au du/dt critique.

Le type a est utilisé pour la protection de fils unitaires d'entrée ou de sortie isolés par rapport à la terre.

Type b

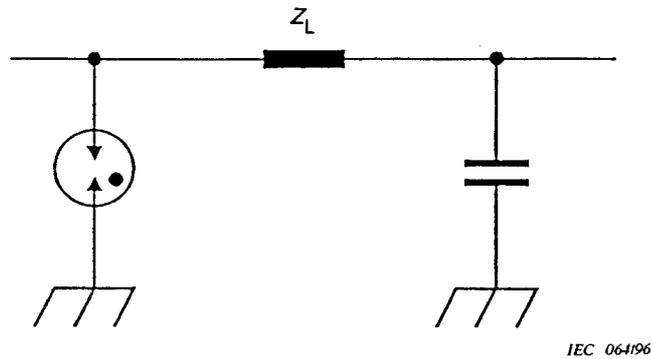


CEI 065196

Les mêmes remarques que pour le type a s'appliquent, mais la tension de sortie pourra être plus élevée à cause de l'intégration d'une plus grande tension derrière la varistance.

Le type b est utilisé sur les lignes où l'extinction de l'éclateur à gaz n'est pas fiable à cause d'une tension élevée de service et de forts courants de suite.

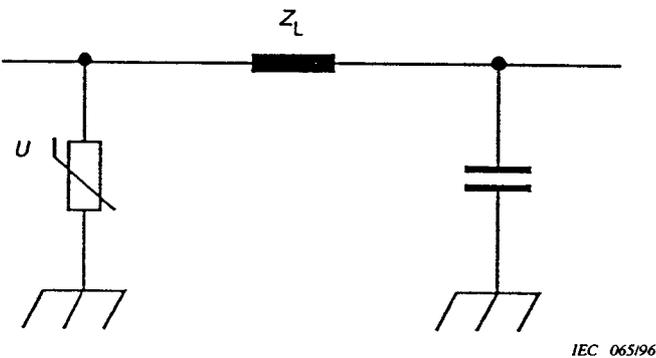
Type a



Lowpass filters integrate residual voltage across gas discharge tube and thus lower the peak value of the output voltage. Low Q of filter gives lower output voltage at the critical du/dt .

Type a is used for protection of single-line input and output circuits which are insulated from ground.

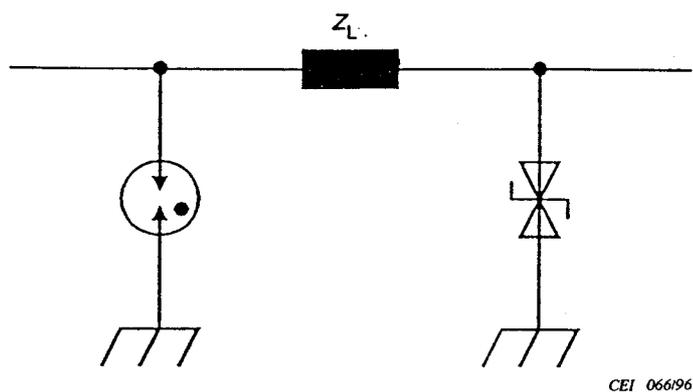
Type b



The same applies as for type a, but the output voltage may be higher due to the higher voltage-time integral across the varistor.

Type b is used on lines where the quenching of gas discharge tubes would not be certain due to high operating voltages and high follow-on currents.

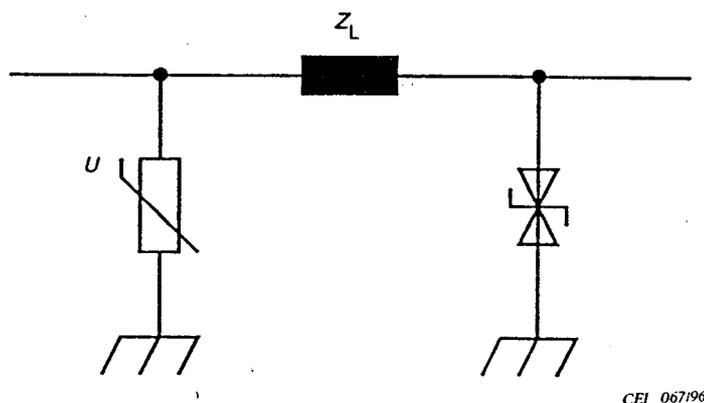
Type c



Z_L limite le courant de décharge à travers l'élément de protection secondaire et permet la montée de la tension d'entrée jusqu'à amorçage de l'éclateur. La diode de protection peut être remplacée par une varistance.

Le type c est utilisé pour la protection de circuits d'entrée ou de sortie qui ne sont pas isolés par rapport à la terre. Ce type ne doit pas être utilisé aux deux extrémités d'une ligne, sauf si la protection secondaire supporte tout signal persistant provenant du côté non protégé, qui serait supporté également par l'élément de protection primaire.

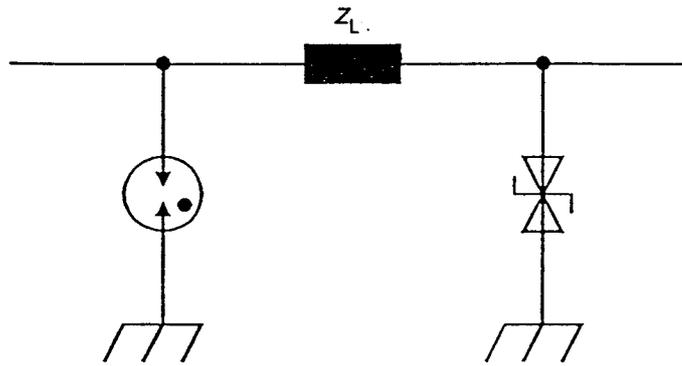
Type d



Z_L limite le courant de décharge à travers la protection secondaire et assure une division correcte des courants entre les éléments de protection primaire et secondaire.

Le type d est utilisé pour la protection de circuits d'entrée ou de sortie qui ne sont pas isolés par rapport à la terre et qui ne permettraient pas l'extinction fiable des éclateurs à gaz (type c). Ce type ne doit pas être employé sur les deux extrémités d'une ligne, sauf si la protection secondaire supporte tout signal persistant provenant du côté non protégé, qui serait également supporté par l'élément de protection primaire.

Type c

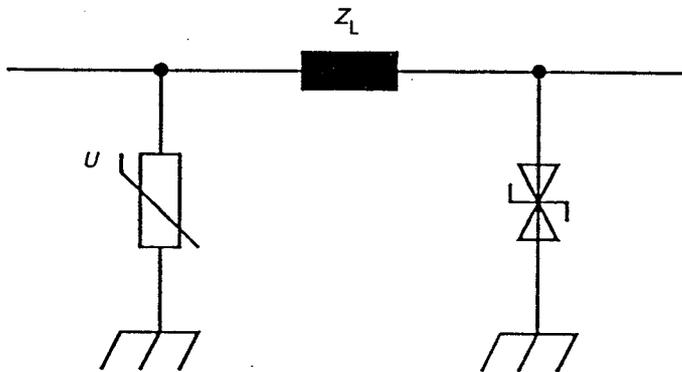


IEC 066/96

Z_L limits the discharge current through the secondary protection element and permits rise of input voltage up to sparkover. The protective diode may be replaced by a varistor.

Type C is used for protection of input and output circuits which are not isolated from ground. This type shall not be used on both ends of a line, except if the secondary protection element withstands any persisting signal from the unprotected side, which is also endured by the primary protection element.

Type d

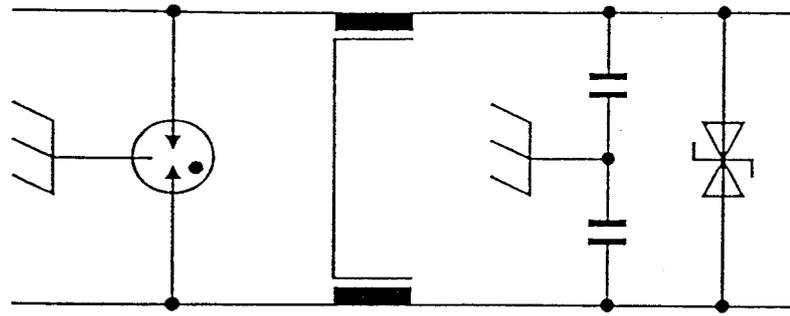


IEC 067/96

Z_L limits the discharge current through the secondary protection element and assures correct current splitting between the primary and secondary protection elements.

Type d is used for protection of input and output circuits which are not isolated from ground and would not permit safe quenching of gas discharge tubes (type c). This type shall not be used on both ends of a line, except if the secondary protection element withstands any persisting signal from the unprotected side, which is also endured by the primary protection element.

Type e

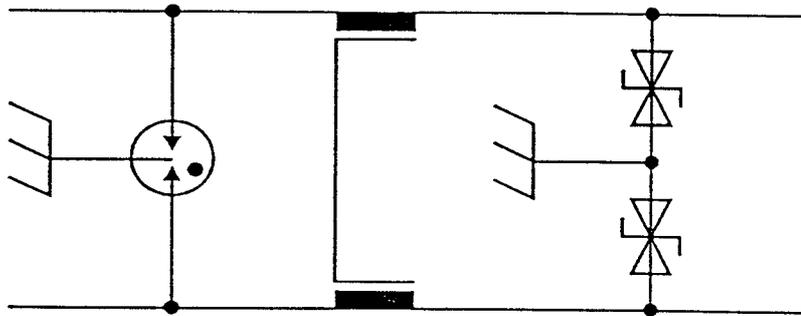


CEI 068/96

Le filtre intègre seulement le signal de mode commun. L'impulsion de mode différentiel derrière un éclateur à gaz tripolaire possède une faible durée et est limité en amplitude par la diode de protection.

Le type e est utilisé sur les lignes d'énergie basse tension, où l'extinction de l'éclateur à gaz ne pose pas de problème. Remarquons que l'accès énergie ne doit pas être mis à la terre. Pour les systèmes avec mise à la terre, il faut employer des circuits de protection sans diode de protection.

Type f

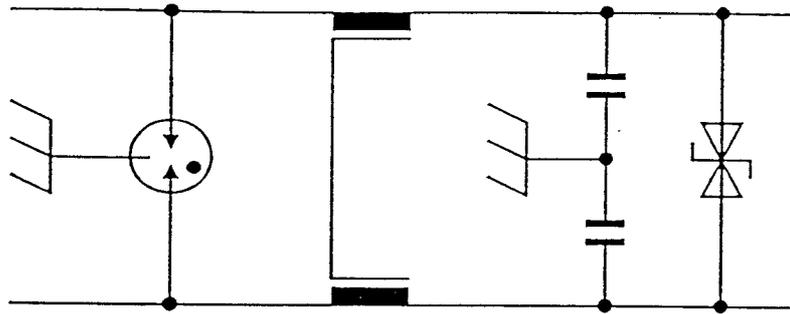


CEI 069/96

Les diodes de protection utilisées ont une faible capacité. Leur tension d'avalanche est plus élevée que la tension continue d'amorçage statique de l'éclateur à gaz. Ainsi la résistance ohmique de l'inductance peut être très faible.

Le type f est utilisé pour la protection de paires symétriques de télécommunication jusqu'à des fréquences élevées.

Type e

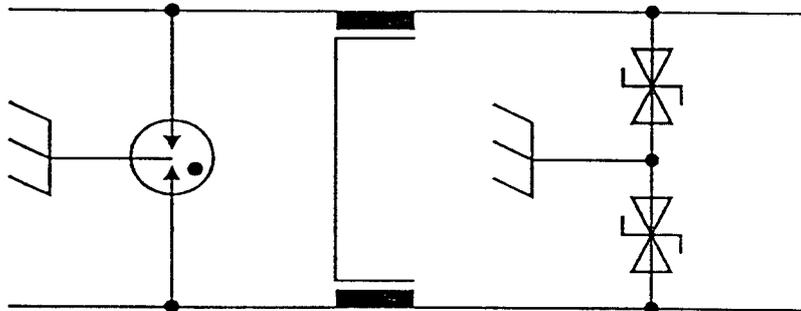


IEC 068/96

The filter integrates only a common mode signal. A differential mode voltage pulse across a three-electrode gas discharge tube has a short time duration and is further limited in amplitude by the protective diode.

Type e is used for protection on low voltage power supply lines, where quenching of the gas discharge tube is no problem. Note that the power supply must not be grounded. For grounded systems, protection circuits without protective diodes shall be used.

Type f

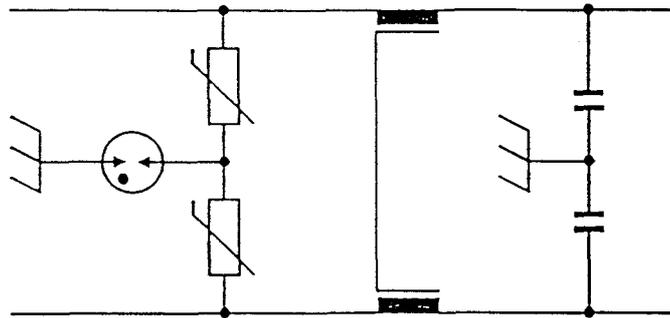


IEC 069/96

The protective diodes used here have low capacitance. Their breakdown voltage is higher than the d.c. sparkover voltage of the gas discharge tube. Thus, the ohmic resistance of the inductor may be very low.

The type f is used for protection on symmetrical telecommunication lines up to high frequencies.

Type g



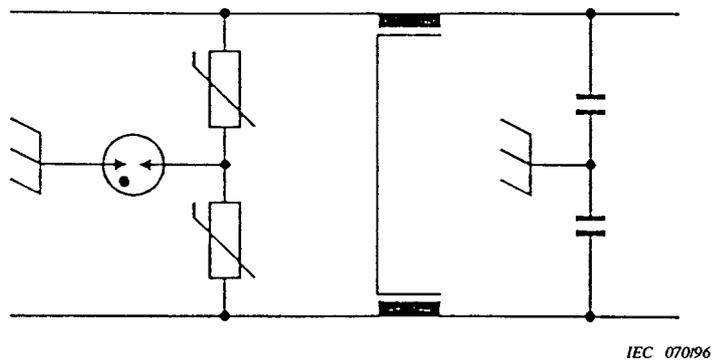
CEI 070196

Les trois éléments de protection primaire sont en configuration de sécurité (configuration en Y).
Leurs spécifications doivent respecter des exigences élevées, qui diffèrent d'un pays à l'autre.

Le type g est utilisé pour la protection sur les lignes d'énergie en 230 V alternatif dans les équipements mobiles.

Pour les spécifications sur les parafoudres de sécurité voir 4.9 et l'annexe C.

Type g



The three primary protection elements are in safety or Y-configuration. Their specifications are to meet high requirements, which may differ from one country to another.

Type g is used for protection on 230 V a.c. power supply lines in mobile equipment.

For specifications on safety arresters, see 4.9 and annex C.

Annexe B (informative)

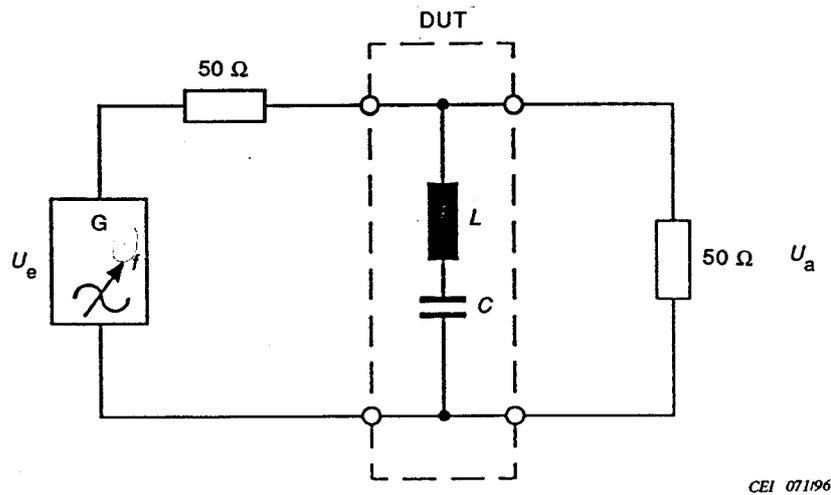
Une méthode pour mesurer l'inductance des dispositifs limiteurs de tension à deux fils

B.1 Objet

La méthode décrite ici peut être employée sur des dispositifs à deux fils qui ont une capacité suffisante à l'état non conducteur pour créer une résonance série prononcée, en association avec leur inductance dans un système adapté à 50 Ω. Elle est pratiquement applicable à la plupart des varistances et des diodes de protection.

B.2 Méthode

Le dispositif en essai est inséré transversalement dans un montage de mesure 50 Ω de la perte d'insertion (figure B.1).



où la perte d'insertion $I_1 = 20 \log (2 U_a / U_e)$

Figure B1 – Montage de mesure 50 Ω de la perte d'insertion

La perte d'insertion est mesurée à des fréquences bien au-delà de la résonance série, où l'impédance du DUT est principalement déterminée par son inductance, et la perte d'insertion se situe entre 3 dB et 12 dB, comme indiqué à la figure B.2.

Annex B (informative)

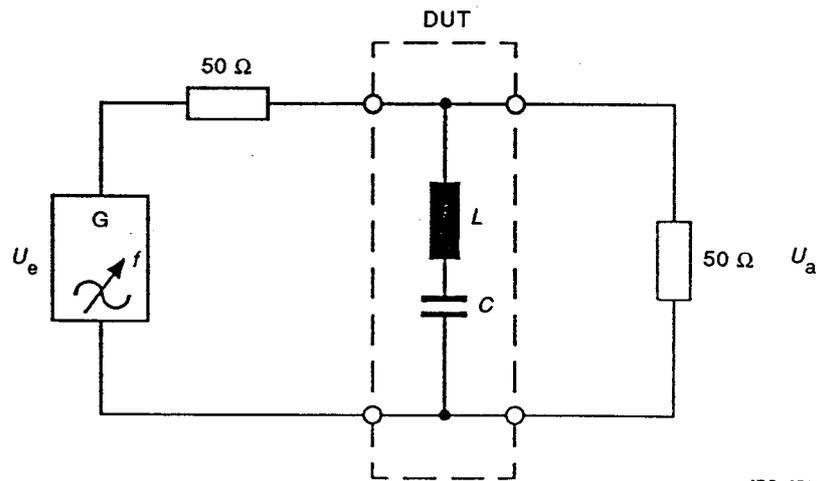
A method of measuring the inductance of two-lead voltage limiting devices

B.1 Applicability

The method described here may be used on two-lead devices which have a sufficient capacitance in the non-conduction state to produce a clear series resonance, together with their inductance in a 50 Ω system. It is practically applicable on most varistors and protective diodes.

B.2 Method

The device under test is inserted transversely into a 50 Ω insertion loss measuring set-up (figure B.1).



IEC 071/96

where insertion loss $I_1 = 20 \log (2 U_a / U_e)$

Figure B.1 – 50 Ω insertion loss measuring set-up

The insertion loss is measured at frequencies well above the series resonance, where the impedance of the DUT is mainly determined by the inductance, and the insertion loss is in the range between about 3 dB and 12 dB, as shown in figure B.2.

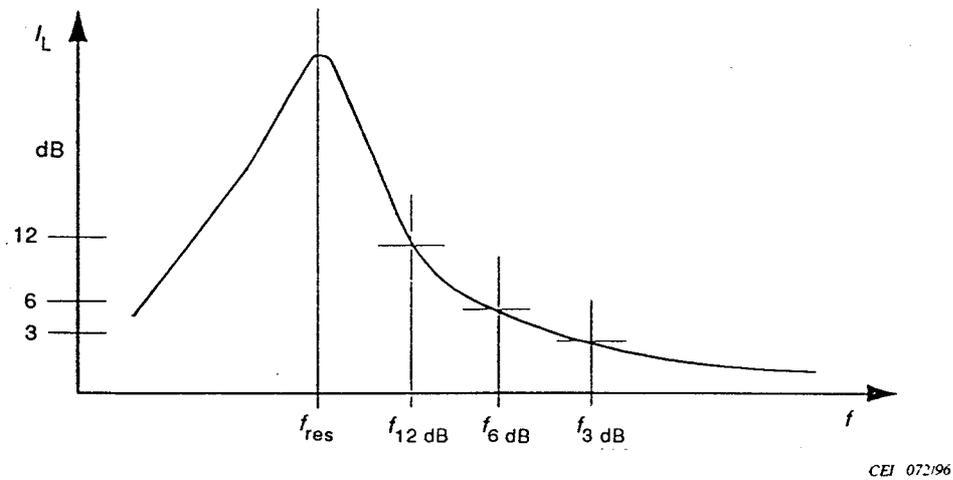


Figure B.2 – Courbe typique de la perte d'insertion en fonction de la fréquence

L'inductance L (en henry) peut être calculée comme suit:

$$L = 38,8 / 2 \pi f_{3dB}$$

où f_{3dB} est la fréquence au point 3 dB, en hertz;

$$L = 25 / 2 \pi f_{6dB}$$

où f_{6dB} est la fréquence au point 6 dB, en hertz;

$$L = 14,4 / 2 \pi f_{12dB}$$

où f_{12dB} est la fréquence au point 12 dB, en hertz.

B.3 Montage d'essai

Il est recommandé d'insérer le dispositif en essai dans le montage de mesure selon la figure B.3. Il convient que la surface A soit rendue aussi petite que possible, mais avec les câbles orientés dans le même axe. Il convient que la perte d'insertion due aux câbles, avec le DUT déconnecté, soit inférieure à 0,5 dB dans la gamme de fréquences de la mesure.

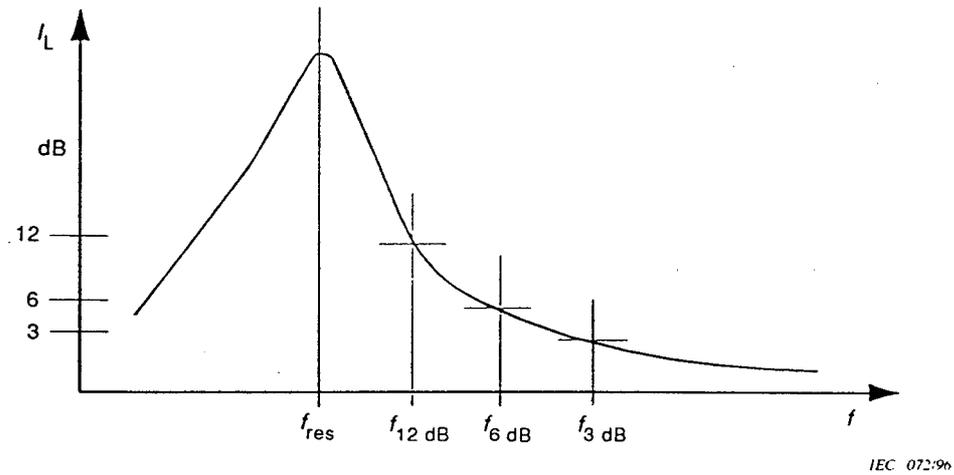


Figure B.2 – Typical plot of insertion loss versus frequency

Inductance L (in henry) may be calculated as:

$$L = 38,8 / (2\pi f_{3dB})$$

where f_{3dB} is the frequency at 3 dB point, in hertz;

$$L = 25 / (2\pi f_{6dB})$$

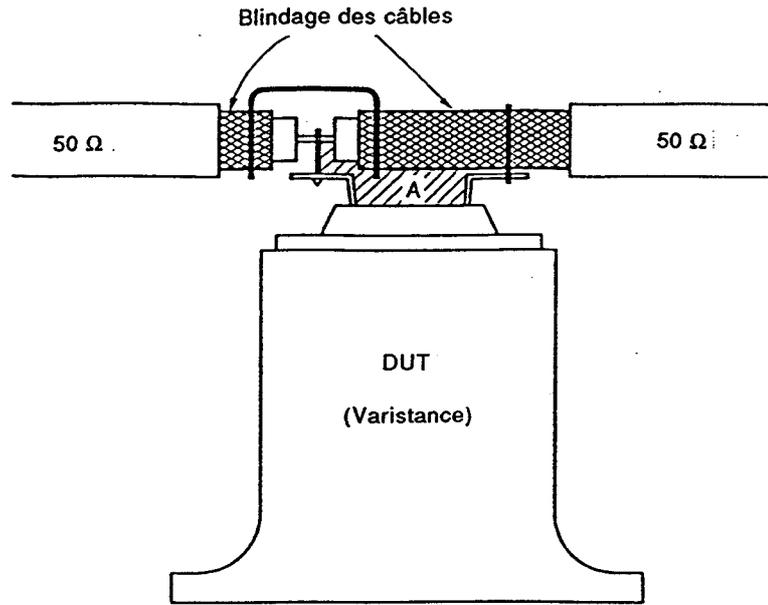
where f_{6dB} is the frequency at 6 dB point, in hertz;

$$L = 14,4 / (2\pi f_{12dB})$$

where f_{12dB} is the frequency at 12 dB point, in hertz.

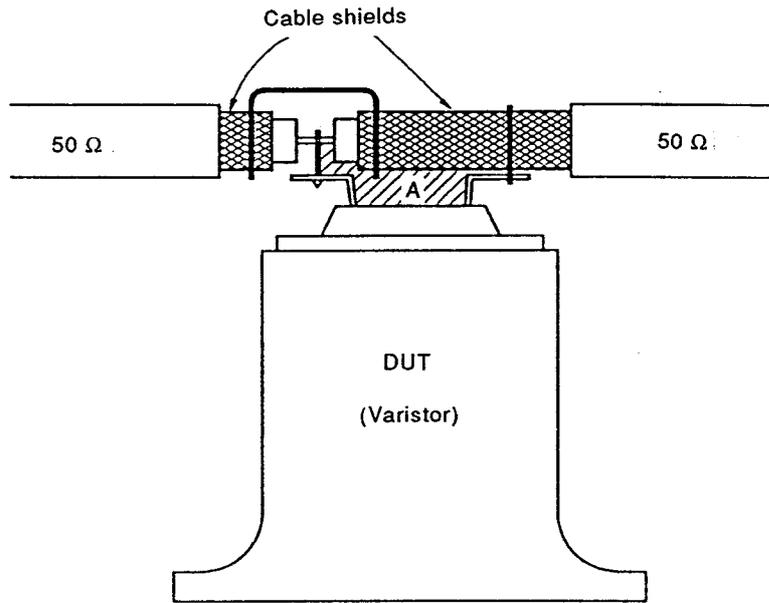
B.3 Test fixture

The DUT should be inserted into the measuring set-up according to figure B.3. The area A should be made as small as possible, but with the cables oriented in one straight line. The insertion loss of the cables, with the DUT disconnected, should be smaller than 0,5 dB within the frequency range of interest.



CEI 073/96

Figure B.3 – Exemple de dispositif en essai (par exemple varistance) connecté au montage en 50Ω



IEC 073/96

Figure B.3 – Example of a DUT (e.g. block-type varistor) connected to the 50 Ω system

Annexe C (informative)

Revue des parafoudres de sécurité et de la philosophie concernant la sécurité

C.1 Définition

Les parafoudres de sécurité sont des dispositifs de protection disponibles sur le marché, destinés principalement à la protection des équipements mobiles raccordés à des accès d'énergie en courant alternatif jusqu'à des tensions assignées de 400 V.

C.2 Généralités

Dans ce contexte, le mot sécurité fait référence à un danger potentiel pour l'opérateur, causé par des mauvais fonctionnements intempestifs des dispositifs de protection reliés au réseau d'énergie. Un parafoudre de sécurité protège l'équipement contre les surtensions sans augmenter les risques encourus par l'opérateur.

Toutes les philosophies de sécurité concernant l'électricité sont fondées sur un système de plusieurs barrières redondantes de sécurité. La première barrière est l'isolation entre la tension dangereuse et l'opérateur. Si cette barrière cède, la suivante entre en action, c'est-à-dire mise à la terre de sécurité suivie par la fusion d'un fusible ou par un autre système automatique de coupure du courant de suite.

La première barrière est généralement atteinte en spécifiant une résistance diélectrique minimale, par exemple 2 kV efficaces ou 4 kV 50 Hz/60 Hz, en fonction de la classe de protection (classe d'isolement) de l'équipement. Des dispositifs contre l'IEMN-HA ou autres surtensions conformes à de telles spécifications verraient des tensions résiduelles impulsionnelles dans la gamme 10 kV à 30 kV, ce qui est généralement beaucoup trop pour l'accès énergie d'un équipement mobile.

Afin d'assurer une protection raisonnable, certains pays admettent l'emploi de parafoudres de sécurité qui limitent des tensions à des valeurs plus basses que 2 kV efficaces ou 4 kV efficaces, à 50 Hz/60 Hz, si elles respectent des spécifications supplémentaires concernant la qualité et la fiabilité.

C.3 Spécifications concernant la sécurité

Introduction

Les spécifications suivantes peuvent être considérées à titre d'exemples. Des écrêteurs respectant ces spécifications sont autorisés d'emploi dans les équipements mobiles en Suisse.

Configuration, fonctionnement

Ces spécifications s'appliquent à des combinaisons d'éclateurs à gaz et de varistances à oxydes métalliques dans les configurations suivantes (figure C.1).

Annex C

(informative)

Survey on safety arresters and related safety philosophy

C.1 Definition

Safety arresters are ready-made commercially available, protective devices, primarily assigned to be used for protection of mobile equipment connected to a.c. power supply lines up to 400 V rated nominal voltage.

C.2 General

The word safety in this context refers to a potential danger for the operator, caused by accidental misfunctions of protection devices connected to the power supply voltage. A safety arrester protects the equipment against surges without increasing the potential danger for the operator.

All safety philosophies concerning electricity are based on a system of several redundant safety barriers. The first barrier is insulation between the dangerous voltage and the operator. If this barrier fails, the second barrier, i.e. safe conduction to ground, followed by fusing or other automatic interruption of follow-on current, comes into action.

The first barrier is usually attained by specification of a minimum dielectric strength, e.g. 2 kV r.m.s. or 4 kV r.m.s. 50 Hz/60 Hz, depending on the protection class (insulation class) of the equipment. HEMP or other surge protective measures meeting such specifications would have dynamic residual voltages in the range of 10 kV to 30 kV, which is usually far too much for a.c. power inputs of mobile equipment.

In order to allow for a reasonable surge protection, some countries permit the use of safety arresters having limiting voltages lower than 2 kV r.m.s. or 4 kV r.m.s., 50 Hz/60 Hz respectively, provided that they comply with special specifications concerning quality and reliability.

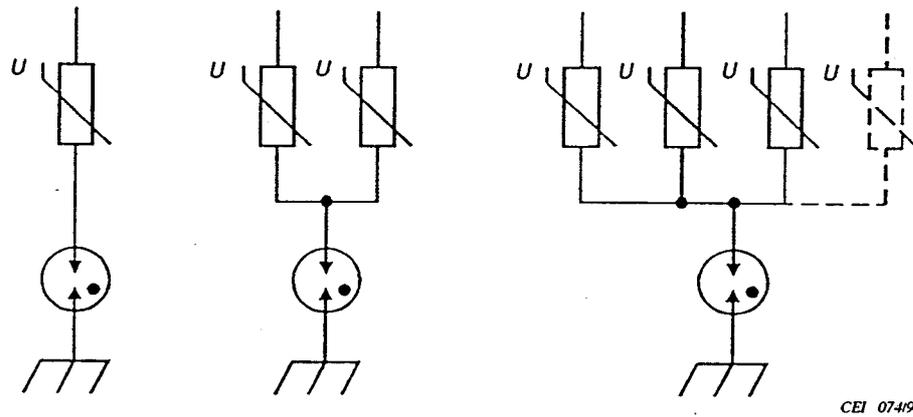
C.3 Safety relevant specification

Introduction

The following specifications may be regarded as examples. Arresters meeting these specifications are permitted to be used in mobile equipment in Switzerland.

Configurations, functioning

The specifications apply to combinations of gas discharge tubes and metal-oxide varistors in the following configurations (figure C.1):



CEI 07496

Figure C.1 – Exemples de configurations de sécurité à 1, 2, 3 (4) lignes

La première barrière de sécurité, c'est-à-dire le niveau d'isolation requis, bien qu'abaissé comparativement à un équipement non protégé est basée sur les spécifications de deux éléments redondants qui agissent selon deux principes différents. La varistance à oxydes métalliques empêche l'établissement permanent du courant de suite vers la masse de l'équipement. L'éclateur à gaz assure une forte résistance d'isolement même lorsque la varistance, qui doit être considérée comme un élément susceptible de dégradation, est hors du domaine de fonctionnement sûr. Les deux éléments de protection sont spécifiés séparément.

Eclateur à gaz

Valeurs spécifiées

Classe de protection I (tension d'essai 2 kV efficaces, 50 Hz/60 Hz)

Courant nominal de fonctionnement de l'équipement	≤ 20 A	> 20 A
Tension d'amorçage statique c.c.	≥1 190 V	≥1 275 V
Courant impulsionnel de décharge (onde 8/20)	≥10 kA	≥15 kA

Classe de protection II (tension d'essai 4 kV efficaces, 50 Hz/60 Hz)

Courant nominal de fonctionnement de l'équipement	Indépendant
Tension d'amorçage statique c.c.	≥1 275 V
Courant impulsionnel de décharge (onde 8/20)	≥15 kA

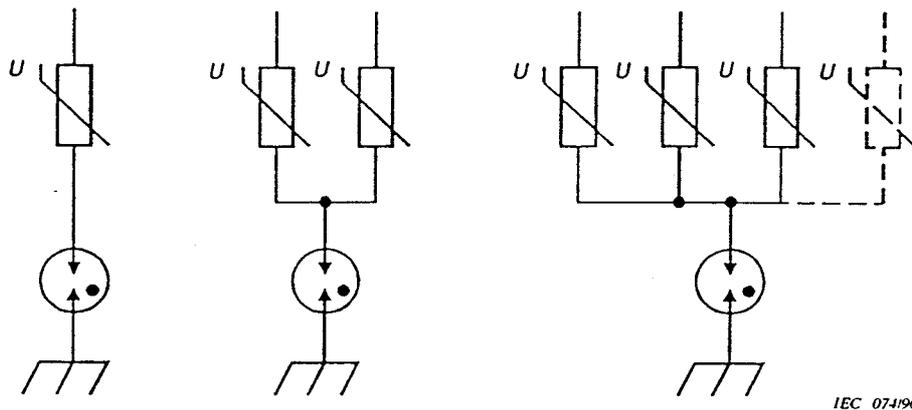


Figure C.1 – Examples for 1, 2, 3 (4) line safety configurations

The first safety barrier, i.e. required insulation level, though lowered compared to unprotected equipment, is based on the specifications of two redundant elements with different operation principles. The metal-oxide varistor prevents the permanent connection of power (follow-on current) to the ground of the equipment. The gas discharge tube assures a high insulation resistance even if the varistor, which must be regarded as a degrading element, is out of range of safe operation. The two protective elements are specified separately.

Gas discharge tube

Specifications

Protection class I (testing voltage 2 kV r.m.s., 50 Hz/60 Hz)

Nominal operating current of equipment	≤ 20 A	> 20 A
DC spark-over voltage	≥ 190 V	≥ 275 V
Impulse discharge current, waveform 8/20	≥ 10 kA	≥ 15 kA

Protection class II (testing voltage 4 kV r.m.s., 50 Hz/60 Hz)

Nominal operating current of equipment	Independent
DC spark-over voltage	≥ 275 V
Impulse discharge current, waveform 8/20	≥ 15 kA

Varistances à oxydes métalliques (MOV)

Valeurs spécifiées

Classe de protection I (tension d'essai 2 kV efficaces, 50 Hz/60 Hz)

Courant nominal de fonctionnement de l'équipement	≤10 A	> 10 A ≤20 A	>20 A ≤40 A	>40 A
Tension varistance sous 1 mA	≥612 V	≥612 V	≥612 V	≥612 V
Courant maximal impulsionnel de décharge (onde 8/20)	≥2 kA	≥4 kA	≥8 kA	≥15 kA

Classe de protection II (tension d'essai 4 kV efficaces, 50 Hz/60 Hz)

Courant nominal de fonctionnement de l'équipement	≤10 A	>10 A ≤20 A	>20 A ≤40 A	> 40A
Tension varistance sous 1 mA	≥990 V	≥819 V	≥819 V	≥819 V
Courant maximal impulsionnel de décharge (onde 8/20)	≥2 kA	≥4 kA	≥8 kA	≥15 kA

Toutes les spécifications s'appliquent à des éléments qui n'ont jamais été sollicités. Les essais concernant le courant impulsionnel maximal et le courant crête maximal peuvent altérer le DUT. Pour les essais d'acceptation, des valeurs plus faibles peuvent être spécifiées.

Metal-oxide varistor (MOV)

Specifications

Protection class I (testing voltage 2 kV r.m.s., 50 Hz/60 Hz)

Nominal operating current of equipment	≤10 A	> 10 A ≤20 A	>20 A ≤40 A	>40 A
Varistor voltage at 1 mA	≥612 V	≥612 V	≥612 V	≥612 V
Maximum peak current (single pulse, waveform 8/20)	≥2 kA	≥4 kA	≥8 kA	≥15 kA

Protection class II (testing voltage 4 kV r.m.s., 50 Hz/60 Hz)

Nominal operating current of equipment	≤10 A	>10 A ≤20 A	>20 A ≤40 A	> 40A
Varistor voltage at 1 mA	≥990 V	≥819 V	≥819 V	≥819 V
Maximum peak current (single pulse, waveform 8/20)	≥2 kA	≥4 kA	≥8 kA	≥15 kA

All specifications apply on elements in the virgin state. Tests concerning impulse discharge current and maximum peak current may stress the DUT. For acceptance tests, lower values may be specified.

Annexe D (informative)

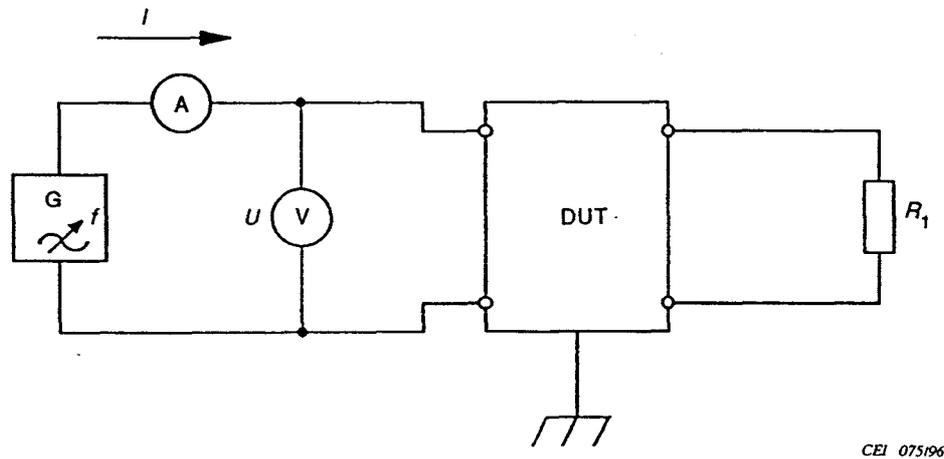
Une méthode de mesure de l'impédance d'entrée des filtres de puissance

D.1 Généralités

Selon 4.7.4 de la présente norme, l'impédance d'entrée des filtres de puissance doit être spécifiée si sa valeur absolue est inférieure à 80 % de celle de la charge résistive nominale dans la gamme entre 50 Hz et 3 000 Hz. La présente annexe décrit la méthode de mesure de l'impédance d'entrée.

D.2 Méthode de mesure

D.2.1 Installation



CEI 075196

où R_1 est la charge résistive correspondant à la charge nominale du filtre selon la spécification du filtre

Figure D.1 – Montage pour la mesure de l'impédance d'entrée

D.2.2 Générateur

La sortie du générateur doit être découplée de la masse (un générateur sur batterie est recommandé). La tension de sortie doit être sinusoïdale avec une distorsion harmonique inférieure à 3 %, pendant les mesures. A cause de la faible valeur de l'impédance de la charge, il est recommandé de vérifier la distorsion de la tension du générateur avec un oscilloscope durant la totalité de la procédure de mesure.

D.2.3 Voltmètres et ampèremètres

Ces instruments doivent mesurer la valeur effective de la tension et de l'intensité avec une précision de 1 % dans la gamme entre 50 Hz et 3 000 Hz.

Annex D (informative)

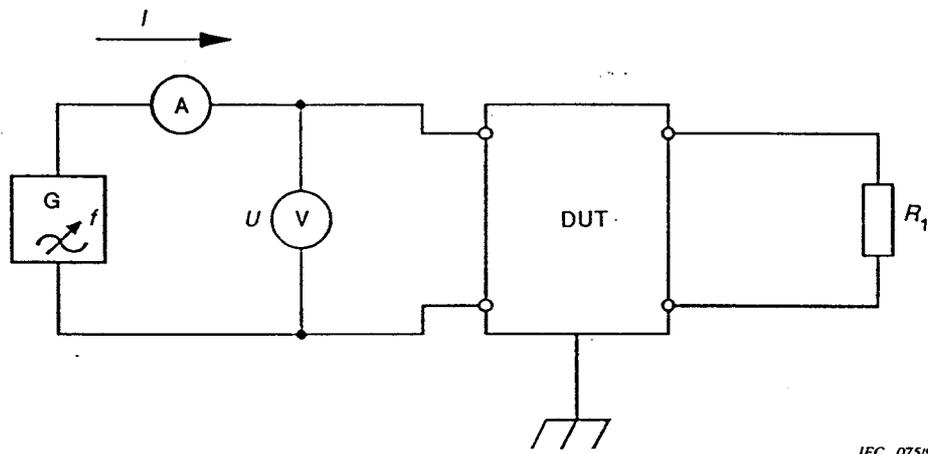
A method of measuring the input impedance of mains filters

D.1 General

According to 4.7.4 of this standard the input impedance of mains filters has to be specified if its absolute value is lower than 80 % of the nominal resistive load in the range between 50 Hz and 3 000 Hz. This annex describes a method of measuring the input impedance.

D.2 Measuring method

D.2.1 Set-up



where R_1 is the resistive load corresponding to the nominal filter load according to the filter specification.

Figure D.1 – Input impedance measuring set-up

D.2.2 Generator

The output of the generator shall be ungrounded (a battery supplied generator is recommended). The output voltage shall be sinusoidal with a harmonic distortion of less than 3 % during measurements. Because of the very low load impedance it is recommended to verify the distortion of the generator voltage with an oscilloscope during the whole measuring procedure.

D.2.3 Volt- and ampere-meters

These instruments shall measure the effective value of voltage and current with an accuracy of 1 % in the frequency range between 50 Hz and 3 000 Hz.

D.2.4 *Dispositif en essai*

L'impédance d'entrée est mesurée entre les conducteurs du filtre associé. Pour les filtres conçus pour plus d'une phase (3 à 4 conducteurs), seuls deux conducteurs sont reliés à l'installation de mesure (selon la figure D.1) et les bornes non utilisées sont laissées ouvertes.

D.2.5 *Procédure de mesure*

La tension de sortie du générateur doit être suffisamment forte pour permettre des lectures précises sur les instruments correspondant à une précision globale sur $|Z|$ de 10 % au moins.

La valeur absolue de l'impédance d'entrée est calculée de la façon suivante:

$$|Z| = U/I$$

où U , I sont les valeurs efficaces.

Pour la spécification, $|Z|$ doit être donnée sous forme de graphe dans la gamme de fréquences entre 50 Hz et 3 000 Hz.

D.2.4 *Device under test*

Input impedance is measured between associated filter paths. In filters designed for more than one phase (three or four filter paths) only two associated filter paths are connected to the measuring set-up (according to figure D.1) and the unused terminals left open.

D.2.5 *Measuring procedure*

The generator output voltage shall be high enough to allow for accurate readings on the instruments corresponding to an overall accuracy of $|Z|$ of at least 10 %.

The absolute value of the input impedance is calculated as:

$$|Z| = U/I$$

where U , I are the effective values.

For the specification, $|Z|$ shall be given as a graph in the frequency range between 50 Hz and 3 000 Hz.

Annexe E (informative)

Bibliographie

Les normes ci-dessous conviennent pour des spécifications fondamentales (autres que liées à l'IEMN-HA). Cette liste n'est pas exhaustive.

E.1 Eclateurs à gaz

- Recommandation UIT-T K.12: 1988, *Caractéristiques des parafoudres à gaz destinés à la protection des installations de télécommunication*
- Norme IEEE 465.1: 1977, *Spécification de test pour dispositifs de protection à éclateurs à gaz*
- Norme ANSI/IEEE C 62.32: 1981, *Spécifications de test pour des dispositifs de protection à éclateurs à air, basse tension*
- DIN 57 845/VDE 0845/4.76: 1976, *VDE-Bestimmungen für den Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Überspannungen*
- FTZ 477b 71 TV1: 1978, *Überspannungsableiter (gasgefüllt)*, Technische Vorschriften, Deutsche Bundespost

E.2 Varistances à oxyde métallique

- CEI 1051-1 et CEI 1051-2 (voir article 2)
- CECC 42000, CENELEC, 1986, Spécification générique, *Varistances*
- CECC 42200, CENELEC, 1986, Spécification particulière, *Varistances pour suppression de surtensions*
- Norme ANSI/IEEE 62.33, 1982, *Spécifications de test pour dispositifs à varistances pour suppression de surtensions*

E.3 Ecrêteurs à résistance variable

- CEI 99-1 (voir article 2)
- Norme JEDEC n° 77-1 (vocabulaire et définitions seulement)

E.4 Ecrêteurs de transitoires à jonctions avalanches (diodes de protection)

- IEEE C62.35

E.5 Filtres

- CEI 939-1 et CEI 939-2 (voir article 2)

Annex E (informative)

Bibliography

The standards listed below give basic (i.e. non-HEMP-relevant) specifications. The list is not guaranteed to be complete.

E.1 Gas discharge tubes

- Recommendation ITU-T K.12: 1988, *Characteristics of gas discharge tubes for the protection of telecommunications installations*
- IEEE Std 465.1: 1977, *Test specifications for gas tube surge-protective devices*
- ANSI/IEEE C62.32: 1981, IEEE Standard, *Test specifications for low-voltage air gap surge-protective devices* (not to be used for gas discharge tubes)
- DIN 57845/VDE 0845/4.76: 1976, *VDE-Bestimmungen für den Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Überspannungen*
- FTZ 477 71 TV1: 1978, *Überspannungsableiter (gasgefüllt)*, Technische Vorschriften, Deutsche Bundespost

E.2 Metal-oxide varistors (MOV)

- IEC 1051-1 and 1051-2 (see clause 2)
- CECC 42000, CENELEC, generic specification, *Varistors*, 1978.
- CECC 42200, CENELEC, sectional specification, *Surge suppression varistors*, 1986.
- ANSI/IEEE C62.33: 1982, IEEE Standard, *Test specifications for varistor surge-protective devices*

E.3 Non-linear resistor type arresters

- IEC 99-1 (see clause 2)

E.4 Avalanche-junction transient voltage suppressors (protective diodes)

- IEEE C62.35
- JEDEC Standard 77-1 (terms and definitions only)

E.5 Filters

- IEC 939-1 and IEC 939-2 (see clause 2)

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY. SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 33.100
