RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC

TR 61000-5-3

Première édition
First edition
1999-07

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM
BASIC EMC PUBLICATION

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 5-3:
Guides d'installation et d'atténuation –
Concepts de protection IEMN-HA

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 5-3:
Installation and mitigation guidelines –
HEMP protection concepts

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE X

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 Documents de référence 10
3 Définitions 12
4 Généralités 12
5 Principes de protection 14
5.1 Généralités 14
5.2 Zonage 14
5.3 Protection contre les perturbations rayonnées 16
5.4 Protection contre les perturbations conduites 16
5.5 Guides de câblage et d'installation 18
5.5.1 Points d'entrée 18
5.5.2 Principes de câblage 18
5.5.3 Câbles 20
5.6 Relation entre les principes de protection contre l'IEMN-HA et contre la foudre 20
5.6.1 Sources d'IEMN-HA et de foudre 22
5.6.2 Protections contre l'IEMN-HA et la foudre 22
5.6.3 Examen des deux types d'environnement 24
6 Sélection des composants 26
6.1 Sélection des composants du circuit 26
6.2 Sélection des dispositifs de protection contre les perturbations rayonnées 28
6.3 Sélection des dispositifs de protection contre les perturbations conduites 28
6.3.1 Généralités 28
6.3.2 Catégories de dispositifs 28
6.3.3 Protection d'interfaces de ligne types 36
7 Principes de protection 42
7.1 Considérations générales 42
7.2 Considérations topologiques 42
7.3 Définition des principes de protection 44
7.3.1 Principes de protection des bâtiments 44
7.3.2 Principes de protection des enceintes blindées 46
8 Comparaison entre les mesures de protection contre les perturbations conduites dues à l'IEMN-HA et les impulsions électromagnétiques dues à la foudre (IEMF) 48
8.1 Généralités 48
8.2 Courant de crête $\hat{\imath}$ 48
8.3 di/dt maximal 50
8.4 du/dt maximal 50
8.5 Intégrale $i \times \mathrm{d}t$ 50
8.6 Intégrale $i^2 \times \mathrm{d}t$ 50
8.7 Durée à mi-valeur 52
8.8 Conclusions sur la comparaison entre la protection IEMN-HA et la protection IEMF 52

CONTENTS

Page

FOREWORD 7
INTRODUCTION 9

Clause

1 Scope 11
2 Reference documents 11
3 Definitions 13
4 General 13
5 Protection principles 15
5.1 General 15
5.2 Zoning 15
5.3 Protection against radiated disturbance 17
5.4 Protection against conducted disturbance 17
5.5 Wiring and installation guidelines 19
5.5.1 Points of entry 19
5.5.2 Wiring concepts 19
5.5.3 Cables 21
5.6 Relation between HEMP and lightning protection principles 21
5.6.1 HEMP and lightning sources 23
5.6.2 HEMP and lightning protections 23
5.6.3 Discussion on the two types of environment 25
6 Component selection 27
6.1 Selection of circuit components 27
6.2 Selection of protective devices against radiated disturbance 29
6.3 Selection of protective devices against conducted disturbance 29
6.3.1 General 29
6.3.2 Device categories 29
6.3.3 Protection of typical line interfaces 37
7 Protection concepts 43
7.1 General considerations 43
7.2 Topological considerations 43
7.3 Definition of protection concepts 45
7.3.1 Building protection concepts 45
7.3.2 Protection concepts for shielded enclosures 47
8 Comparison of protection measures against conducted disturbances due to HEMP and lightning electromagnetic pulse (LEMP) 49
8.1 General 49
8.2 Peak current $\hat{i}$ 49
8.3 Maximum di/dt 51
8.4 Maximum du/dt 51
8.5 Integral $i \times \mathrm{d}t$ 51
8.6 Integral $i^2 \times \mathrm{d}t$ 51
8.7 Time to half-value 53
8.8 Conclusions on the comparisons between HEMP and LEMP protection 53

Pages

Annexe A Environnements de rayonnement dus à l'IEMN-HA initiale et à la foudre..... 54

Annexe B Installation montrant l'utilisation d'un transformateur de répartition avec enroulement primaire connecté en triangle 74

Annexe C Caractéristiques des mesures de protection du point de vue des transmissions... 76

Figure 1 – Exemple de pénétrations de perturbations rayonnées et conduites à travers une double barrière de protection 14

Figure 2 – Tension et intensité traversant un parafoudre à gaz pendant une onde de choc 18

Figure 3 – Principes de câblage..... 20

Figure 4 – Circuit de protection type..... 34

Figure 5 – Dispositif empêchant le rayonnement du courant de choc dans la zone protégée .. 52

Tableau 1 – Principes de protection des bâtiments..... 44

Tableau 2 – Principes de protection des enceintes blindées 46

Tableau 3 – Formes d'ondes de courant de foudre et d'IEMN-HA utilisables pour des essais. 48

Page

Annex A Early-time HEMP and lightning radiated environments 55

Annex B Arrangement showing the use of a distribution transformer with a primary delta winding 75

Annex C Transmission characteristics of protective measures 77

Figure 1 – Example of penetration of radiated and conducted disturbances through a two-barrier protection 15

Figure 2 – Voltage and current flowing through a gas arrester during a surge event 19

Figure 3 – Concepts for wiring systems 21

Figure 4 – Typical protection circuit 35

Figure 5 – Solution to prevent surge current from radiating into protected area 53

Table 1 – Building protection concepts 45

Table 2 – Protection concepts for shielded enclosures 47

Table 3 – Lightning and HEMP current waveforms which can be used for tests 49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5-3: Guides d'installation et d'atténuation – Concepts de protection IEMN-HA

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques, spécifications techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent rapport technique 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Un rapport technique ne doit pas nécessairement être révisé avant que les données qu'il contient ne soient plus jugées valables ou utiles par le groupe de maintenance.

La CEI 61000-5-3 qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 77C: Immunité à l'impulsion électromagnétique nucléaire à haute altitude (IEMN-HA), du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
77C/58/CDV	77C/69/RVC

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

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

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts

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, technical specifications 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 technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful by the maintenance team.

IEC 61000-5-3, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 77C: Immunity to high altitude nuclear electromagnetic pulse (HEMP), of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
77C/58/CDV	77C/69/RVC

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

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

This document, which is purely informative is not to be regarded as an International Standard.

INTRODUCTION

La CEI 61000-5 fait partie de la série de normes 61000 de la CEI, selon la répartition suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)
Définitions, terminologies

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement
Classification de l'environnement
Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission
Limites d'immunité (dans la mesure où ces limites ne relèvent pas des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure
Techniques d'essai

Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation

Guide d'installation
Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

INTRODUCTION

IEC 61000-5 is a part of the IEC 61000 series, according to the following structure:

Part 1: General

- General considerations (introduction, fundamental principles)
- Definitions, terminology

Part 2: Environment

- Description of the environment
- Classification of the environment
- Compatibility levels

Part 3: Limits

- Emission limits
- Immunity limits (in so far as these limits do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

- Measurement techniques
- Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

- Installation guidelines
- Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 5-3: Guides d'installation et d'atténuation – Concepts de protection IEMN-HA

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000 définit et donne des informations sur les principes de protection contre les impulsions électromagnétiques dues aux explosions nucléaires à haute altitude et désignées ci-après par IEMN-HA.

L'objet de ce rapport technique est de fournir des éléments permettant

– de mettre au point un système de protection adéquat des bâtiments publics contre l'IEMN-HA;
– d'évaluer les systèmes de protection existants en tenant compte des contraintes imposées par l'IEMN-HA;
– de comparer les spécifications de protection contre la foudre et contre l'IEMN-HA pour déterminer si elles peuvent être combinées à faible coût;
– de souligner les différences entre les prescriptions de protection contre l'IEMN-HA et les prescriptions de protection contre la foudre pour permettre d'évaluer les conséquences de l'IEMN-HA quand aucune mesure de protection supplémentaire n'est prise, hormis celles concernant la foudre.

2 Documents de référence

CEI 60050(161):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

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

CEI 60099-1:1991, *Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 61000-2-9:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement-Section 9: Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations radiantes.* Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-2-10:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-10: Environnement – Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations conduites.* Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-2-11*, Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-11: Environnement – Classification de l'environnement IEMN-HA* [1)]

CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

---

1) A publier.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts

1 Scope

This part of IEC 61000 defines and gives information on protection concepts against electromagnetic pulse due to a high altitude nuclear explosion (denoted in what follows by the abbreviation HEMP).

The aim of this technical report is to provide elements for

– the design of an adequate protection for civil facilities against HEMP;

– the evaluation of already existing protections with respect to stresses imposed by HEMP;

– the comparison of the requirements of HEMP and lightning protection in order to show if they can be combined at low cost;

– an emphasis of the differences between the requirements of HEMP and lightning protection in order to permit an evaluation of the consequences of HEMP when no additional measures are taken beyond existing lightning protection.

2 Reference documents

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

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

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped arresters for a.c. systems*

IEC 61000-2-9:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance.* Basic EMC publication

IEC 61000-2-10:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-10: Environment – Description of HEMP environment – Conducted disturbance.* Basic EMC publication

IEC 61000-2-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-11: Environment – Description of HEMP environment – Classification of HEMP environments* [1)]

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

---

1) To be published.

CEI 61000-4-23, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-23: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essais pour les dispositifs de protection pour les perturbations rayonnées IEMN-HA.* Publication fondamentale en CEM [1)]

CEI 61000-4-24:1997, *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.* Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-4-25, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure – Prescriptions IEMN-HA et méthodes d'essai pour l'équipement et les systèmes*. Publication fondamentale en CEM [1)]

CEI/TR 61000-5-4:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation – Section 4: Immunité à l'IEMN-HA – Spécifications des dispositifs de protection contre les perturbations rayonnées dues à l'IEMN-HA*. Publication fondamentale en CEM

CEI 61000-5-5:1996, *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

CEI 61312-1:1995, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 1: Principes généraux*

---

1) A publier.

IEC 61000-4-23, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-23: Testing and measurement techniques – Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbance.* Basic EMC publication [1)]

IEC 61000-4-24:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbances.* Basic EMC publication.

IEC 61000-4-25, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP requirements and test methods for equipment and systems.* Basic EMC Publication [1)]

IEC/TR 61000-5-4:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 4: Immunity to HEMP – Specification for protective devices against HEMP radiated disturbance.* Basic EMC Publication

IEC 61000-5-5:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 5: Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance.* Basic EMC Publication

IEC 61312-1:1995, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*

1) To be published.