IEC 62305-4

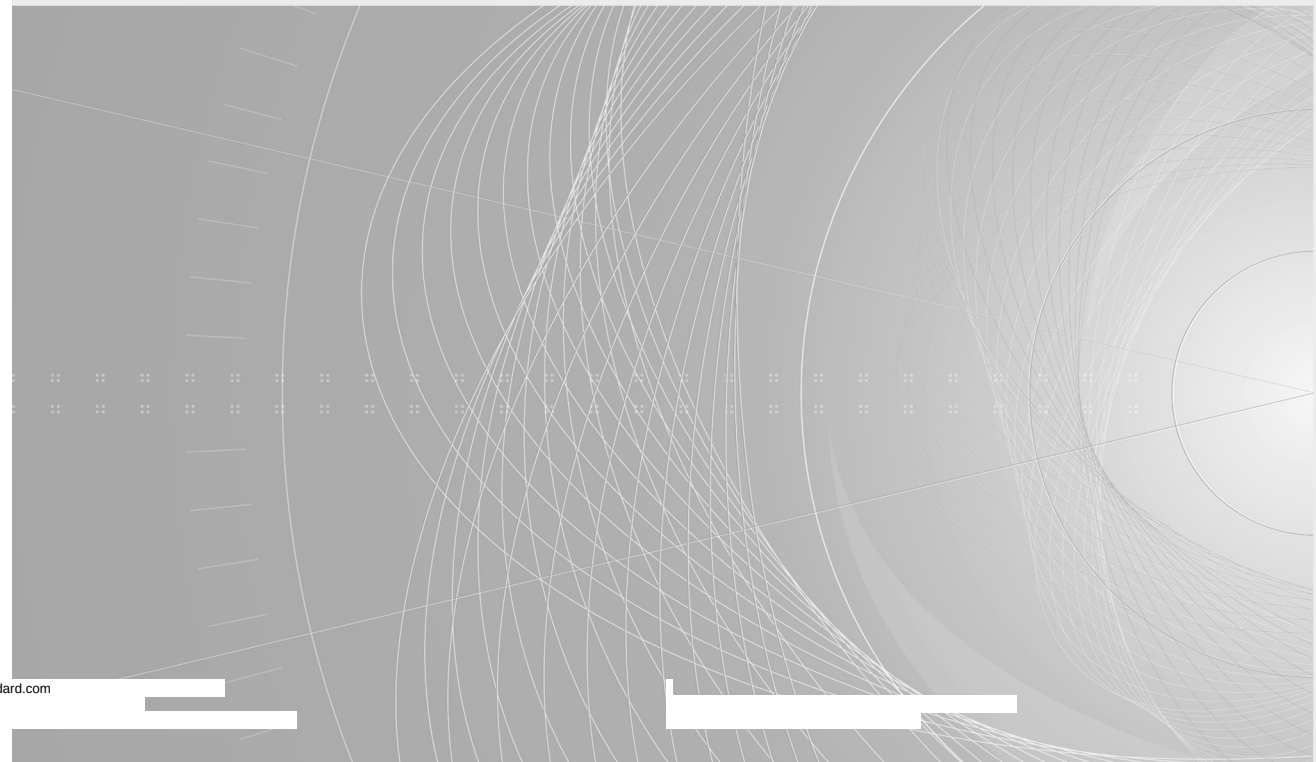
Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Protection against lightning –
Part 4: Electrical and electronic systems within structures

Protection contre la foudre –
Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures



IEC 62305-4:2010
www.TeraStandard.com

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.
If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…).
It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…).
Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

www.TeraStandard.com

IEC 62305-4

Edition 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures

Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE XC
CODE PRIX

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN 978-2-83220-130-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
® de la Commission Electrotechnique Internationale

www.TeraStandard.com

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
4 Design and installation of SPM 13
4.1 General 13
4.2 Design of SPM 16
4.3 Lightning protection zones (LPZ) 17
4.4 Basic SPM 20
5 Earthing and bonding 21
5.1 General 21
5.2 Earth-termination system 22
5.3 Bonding network 24
5.4 Bonding bars 28
5.5 Bonding at the boundary of an LPZ 29
5.6 Material and dimensions of bonding components 29
6 Magnetic shielding and line routing 30
6.1 General 30
6.2 Spatial shielding 30
6.3 Shielding of internal lines 30
6.4 Routing of internal lines 30
6.5 Shielding of external lines 31
6.6 Material and dimensions of magnetic shields 31
7 Coordinated SPD system 31
8 Isolating interfaces 32
9 SPM management 32
9.1 General 32
9.2 SPM management plan 32
9.3 Inspection of SPM 33
9.3.1 General 33
9.3.2 Inspection procedure 34
9.3.3 Inspection documentation 34
9.4 Maintenance 35
Annex A (informative) Basis of electromagnetic environment evaluation in an LPZ 36
Annex B (informative) Implementation of SPM for an existing structure 60
Annex C (informative) Selection and installation of a coordinated SPD system 76
Annex D (informative) Factors to be considered in the selection of SPDs 82
Bibliography 87

Figure 1 – General principle for the division into different LPZ 13
Figure 2 – Examples of possible SPM (LEMP protection measures) 15
Figure 3 – Examples for interconnected LPZ 19
Figure 4 – Examples for extended lightning protection zones 20

www.TeraStandard.com

Figure 5 – Example of a three-dimensional earthing system consisting of the bonding network interconnected with the earth-termination system 22
Figure 6 – Meshed earth-termination system of a plant 23
Figure 7 – Utilization of reinforcing rods of a structure for equipotential bonding 25
Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement 26
Figure 9 – Integration of conductive parts of internal systems into the bonding network 27
Figure 10 – Combinations of integration methods of conductive parts of internal systems into the bonding network 28
Figure A.1 – LEMP situation due to lightning strike 37
Figure A.2 – Simulation of the rise of magnetic field by damped oscillations 40
Figure A.3 – Large volume shield built by metal reinforcement and metal frames 41
Figure A.4 – Volume for electrical and electronic systems inside an inner LPZ n 42
Figure A.5 – Reducing induction effects by line routing and shielding measures 43
Figure A.6 – Example of SPM for an office building 45
Figure A.7 – Evaluation of the magnetic field values in case of a direct lightning strike 46
Figure A.8 – Evaluation of the magnetic field values in case of a nearby lightning strike 48
Figure A.9 – Distance s_a depending on rolling sphere radius and structure dimensions 51
Figure A.10 – Types of grid-like large volume shields 52
Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield type 1 53
Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield type 1 according to mesh width 54
Figure A.13 – Low-level test to evaluate the magnetic field inside a shielded structure 55
Figure A.14 – Voltages and currents induced into a loop formed by lines 56
Figure B.1 – SPM design steps for an existing structure 63
Figure B.2 – Possibilities to establish LPZ in existing structures 67
Figure B.3 – Reduction of loop area using shielded cables close to a metal plate 69
Figure B.4 – Example of a metal plate for additional shielding 70
Figure B.5 – Protection of aerials and other external equipment 71
Figure B.6 – Inherent shielding provided by bonded ladders and pipes 72
Figure B.7 – Ideal positions for lines on a mast (cross-section of steel lattice mast) 72
Figure B.8 – Upgrading of the SPM in existing structures 74
Figure C.1 – Surge voltage between live conductor and bonding bar 79
Figure D.1 – Installation example of test class I, class II and class III SPDs 83
Figure D.2 – Basic example for different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system 84
Figure D.3 – Basic example of balanced current distribution 85

Table 1 – Minimum cross-sections for bonding components 30
Table 2 – SPM management plan for new buildings and for extensive changes in construction or use of buildings 33
Table A.1 – Parameters relevant to source of harm and equipment 38
Table A.2 – Examples for I_{0MAX} = 100 kA and w_m = 2 m 48
Table A.3 – Magnetic attenuation of grid-like spatial shields for a plane wave 49
Table A.4 – Rolling sphere radius corresponding to maximum lightning current 51

www.TeraStandard.com

Table A.5 – Examples for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and w_m = 2 m corresponding to *SF* = 12,6 dB 51
Table B.1 – Structural characteristics and surroundings 60
Table B.2 – Installation characteristics 61
Table B.3 – Equipment characteristics 61
Table B.4 – Other questions to be considered for the protection concept 61
Table D.1 – Preferred values of I_{imp} 82

--`,,`,,,`-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 4: Electrical and electronic systems within structures

FOREWORD

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

International Standard IEC 62305-4 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

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

1) Isolating interfaces capable of reducing conducted surges on lines entering the structure are introduced.
2) Minimum cross-sections for bonding components are slightly modified.
3) First negative impulse current is introduced for calculation purposes as electromagnetic source of harm to the internal systems.
4) Selection of SPD with regard to voltage protection level is improved to take into account oscillation and induction phenomena in the circuit downstream of SPD.
5) Annex C dealing with SPD coordination is withdrawn and referred back to SC 37A.

www.TeraStandard.com

6) A new informative Annex D is introduced giving information on factors to be considered in the selection of SPDs.

This bilingual version (2012-06) corresponds to the monolingual English version, published in 2010-12.

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

FDIS	Report on voting
81/373/FDIS	81/383/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all the parts in the IEC 62305 series, under the general title *Protection against lightning*, can be found on the IEC website.

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

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

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

www.TeraStandard.com

INTRODUCTION

Lightning as a source of harm is a very high energy phenomenon. Lightning flashes release many hundreds of mega-joules of energy. When compared with the milli-joules of energy that may be sufficient to cause damage to sensitive electronic equipment in electrical and electronic systems within a structure, it is clear that additional protection measures will be necessary to protect some of this equipment.

The need for this International Standard has arisen due to the increasing cost of failures of electrical and electronic systems, caused by electromagnetic effects of lightning. Of particular importance are electronic systems used in data processing and storage as well as process control and safety for plants of considerable capital cost, size and complexity (for which plant outages are very undesirable for cost and safety reasons).

Lightning can cause different types of damage in a structure, as defined in IEC 62305-1:

D1 injury to living beings by electric shock;

D2 physical damage (fire, explosion, mechanical destruction, chemical release) due to lightning current effects, including sparking;

D3 failure of internal systems due to LEMP.

IEC 62305-3 deals with the protection measures to reduce the risk of physical damage and life hazard, but does not cover the protection of electrical and electronic systems.

This Part 4 of IEC 62305 therefore provides information on protection measures to reduce the risk of permanent failures of electrical and electronic systems within structures.

Permanent failure of electrical and electronic systems can be caused by the lightning electromagnetic impulse (LEMP) via:

a) conducted and induced surges transmitted to equipment via connecting wiring;

b) the effects of radiated electromagnetic fields directly into equipment itself.

Surges to the structure can originate from sources external to the structure or from within the structure itself:

– surges which originate externally from the structure are created by lightning flashes striking incoming lines or the nearby ground, and are transmitted to electrical and electronic systems within the structure via these lines;

– surges which originate internally within the structure are created by lightning flashes striking the structure itself or the nearby ground.

NOTE 1 Surges can also originate internally within the structure, from switching effects, e.g. switching of inductive loads.

The coupling can arise from different mechanisms:

– resistive coupling (e.g. the earth impedance of the earth-termination system or the cable shield resistance);

– magnetic field coupling (e.g. caused by wiring loops in the electrical and electronic system or by inductance of bonding conductors);

– electric field coupling (e.g. caused by rod antenna reception).

NOTE 2 The effects of electric field coupling are generally very small when compared to the magnetic field coupling and can be disregarded.

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

www.TeraStandard.com

Radiated electromagnetic fields can be generated via

– the direct lightning current flowing in the lightning channel,

– the partial lightning current flowing in conductors (e.g. in the down-conductors of an external LPS in accordance with IEC 62305-3 or in an external spatial shield in accordance with this standard).

www.TeraStandard.com

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 4: Electrical and electronic systems within structures

1 Scope

This part of IEC 62305 provides information for the design, installation, inspection, maintenance and testing of electrical and electronic system protection (SPM) to reduce the risk of permanent failures due to lightning electromagnetic impulse (LEMP) within a structure.

This standard does not cover protection against electromagnetic interference due to lightning, which may cause malfunctioning of internal systems. However, the information reported in Annex A can also be used to evaluate such disturbances. Protection measures against electromagnetic interference are covered in IEC 60364-4-44 [1] [1] and in the IEC 61000 series [2].

This standard provides guidelines for cooperation between the designer of the electrical and electronic system, and the designer of the protection measures, in an attempt to achieve optimum protection effectiveness.

This standard does not deal with detailed design of the electrical and electronic systems themselves.

2 Normative references

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

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-9:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Pulse magnetic field immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-10:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61643-1:2005, *Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests*

IEC 61643-12:2008, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*

---

1 Figures in square brackets refer to the bibliography.

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

www.TeraStandard.com

IEC 61643-21, *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*

IEC 61643-22, *Low voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles*

IEC 62305-1:2010, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2:2010, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-3:2010, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in other parts of IEC 62305, apply.

3.1
electrical system
system incorporating low voltage power supply components

3.2
electronic system
system incorporating sensitive electronic components such as telecommunication equipment, computer, control and instrumentation systems, radio systems, power electronic installations

3.3
internal systems
electrical and electronic systems within a structure

3.4
lightning protection
LP
complete system for the protection of structures and/or electrical and electronic systems in those structures from the effects of lightning, consisting of an LPS and SPM

3.5
lightning protection system
LPS
complete system used to reduce physical damage due to lightning flashes to a structure

NOTE It consists of both external and internal lightning protection systems.

3.6
lightning electromagnetic impulse
LEMP
all electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling which create surges and electromagnetic fields

3.7
surge
transient created by LEMP that appears as an overvoltage and/or overcurrent

www.TeraStandard.com

3.8
rated impulse withstand voltage level
U_W
impulse withstand voltage assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages

NOTE For the purposes of this part of IEC 62305, only withstand voltage between live conductors and earth is considered.

3.9
lightning protection level
LPL
number related to a set of lightning current parameters relevant to the probability that the associated maximum and minimum design values will not be exceeded in naturally occurring lightning

NOTE Lightning protection level is used to design protection measures according to the relevant set of lightning current parameters.

3.10
lightning protection zone
LPZ
zone where the lightning electromagnetic environment is defined

NOTE The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries (e.g. walls, floor and ceiling).

3.11
LEMP protection measures
SPM
measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP

NOTE This is part of overall lightning protection.

3.12
grid-like spatial shield
magnetic shield characterized by openings

NOTE For a building or a room, it is preferably built by interconnected natural metal components of the structure (e.g. rods of reinforcement in concrete, metal frames and metal supports).

3.13
earth-termination system
part of an external LPS which is intended to conduct and disperse lightning current into the earth

3.14
bonding network
interconnecting network of all conductive parts of the structure and of internal systems (live conductors excluded) to the earth-termination system

3.15
earthing system
complete system combining the earth-termination system and the bonding network

3.16
surge protective device
SPD
device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents; contains at least one non-linear component

www.TeraStandard.com

3.17

SPD tested with I_{imp}
SPDs which withstand the partial lightning current with a typical waveform 10/350 μs and require a corresponding impulse test current I_{imp}

NOTE For power lines, a suitable test current I_{imp} is defined in the Class I test procedure of IEC 61643-1:2005.

3.18
SPD tested with I_n
SPDs which withstand induced surge currents with a typical waveform 8/20 μs and require a corresponding impulse test current I_n

NOTE For power lines a suitable test current I_n is defined in the Class II test procedure of IEC 61643-1:2005.

3.19
SPD tested with a combination wave
SPDs that withstand induced surge currents with a typical waveform 8/20 μs and require a corresponding impulse test current I_{SC}

NOTE For power lines a suitable combination wave test is defined in the Class III test procedure of IEC 61643-1:2005 defining the open circuit voltage U_{OC} 1,2/50 μs and the short-circuit current I_{SC} 8/20 μs of a 2 Ω combination wave generator.

3.20
voltage-switching type SPD
SPD that has a high impedance when no surge is present, but can have a sudden change in impedance to a low value in response to a voltage surge

NOTE 1 Common examples of components used as voltage switching devices include spark gaps, gas discharge tubes (GDT), thyristors (silicon controlled rectifiers) and triacs. These SPDs are sometimes called "crowbar type".

NOTE 2 A voltage-switching device has a discontinuous voltage/current characteristic.

3.21
voltage-limiting type SPD
SPD that has a high impedance when no surge is present, but will reduce it continuously with increased surge current and voltage

NOTE 1 Common examples of components used as non-linear devices are varistors and suppressor diodes. These SPDs are sometimes called "clamping type".

NOTE 2 A voltage-limiting device has a continuous voltage/current characteristic.

3.22
combination type SPD
SPD that incorporates both voltage-switching and voltage-limiting type components and that may exhibit voltage-switching, voltage-limiting or both voltage-switching and voltage-limiting behaviour, depending upon the characteristics of the applied voltage

3.23
coordinated SPD system
SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce failures of electrical and electronic systems

3.24
isolating interfaces
devices which are capable of reducing conducted surges on lines entering the LPZ

NOTE 1 These include isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators.

NOTE 2 Insulation withstand characteristics of these devices are suitable for this application intrinsically or via SPD.

www.TeraStandard.com

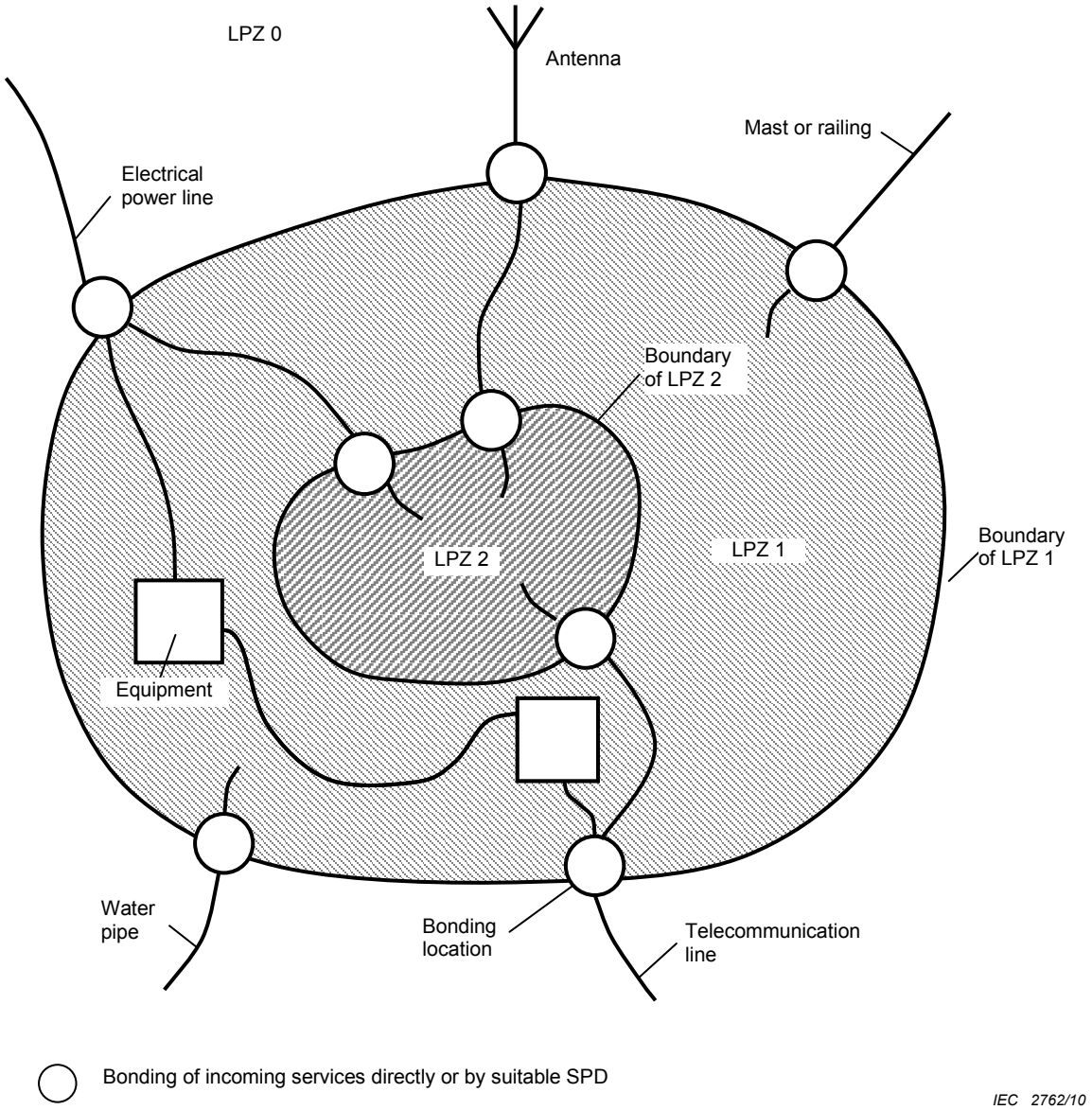
4 Design and installation of SPM

4.1 General

Electrical and electronic systems are subject to damage from a lightning electromagnetic impulse (LEMP). Therefore SPM need to be provided to avoid failure of internal systems.

The design of SPM should be carried out by experts in lightning and surge protection who possess a broad knowledge of EMC and installation practices.

Protection against LEMP is based on the lightning protection zone (LPZ) concept: the zone containing systems to be protected shall be divided into LPZs. These zones are theoretically assigned part of space (or of an internal system) where the LEMP severity is compatible with the withstand level of the internal systems enclosed (see Figure 1). Successive zones are characterized by significant changes in the LEMP severity. The boundary of an LPZ is defined by the protection measures employed (see Figure 2).



NOTE This figure shows an example of dividing a structure into inner LPZs. All metal services entering the structure are bonded via bonding bars at the boundary of LPZ 1. In addition, the conductive services entering LPZ 2 (e.g. computer room) are bonded via bonding bars at the boundary of LPZ 2.

Figure 1 – General principle for the division into different LPZ

www.TeraStandard.com

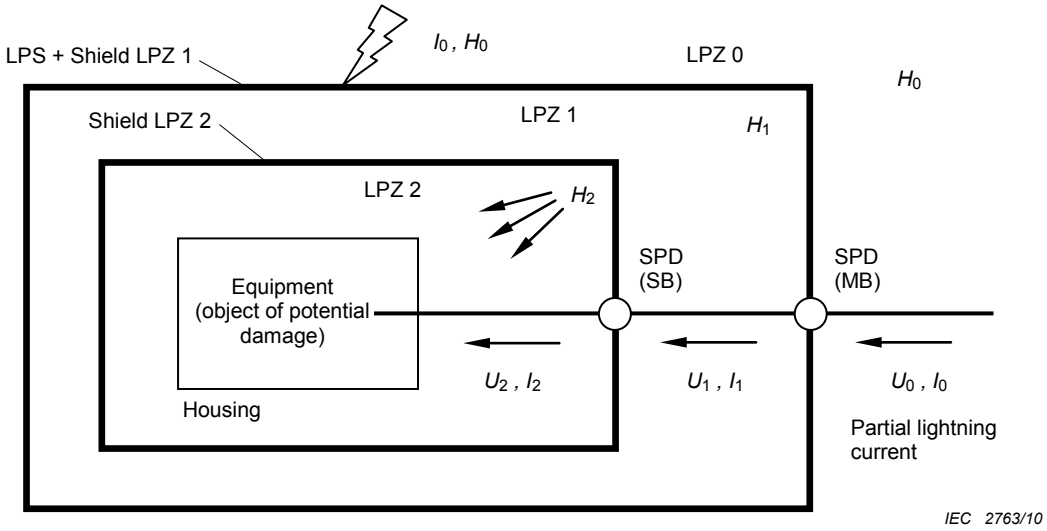


Figure 2a – SPM using spatial shields and a coordinated SPD system – Equipment well protected against conducted surges (U_2<<U_O and I_2<<I_O) and against radiated magnetic fields (H_2<<H_O)

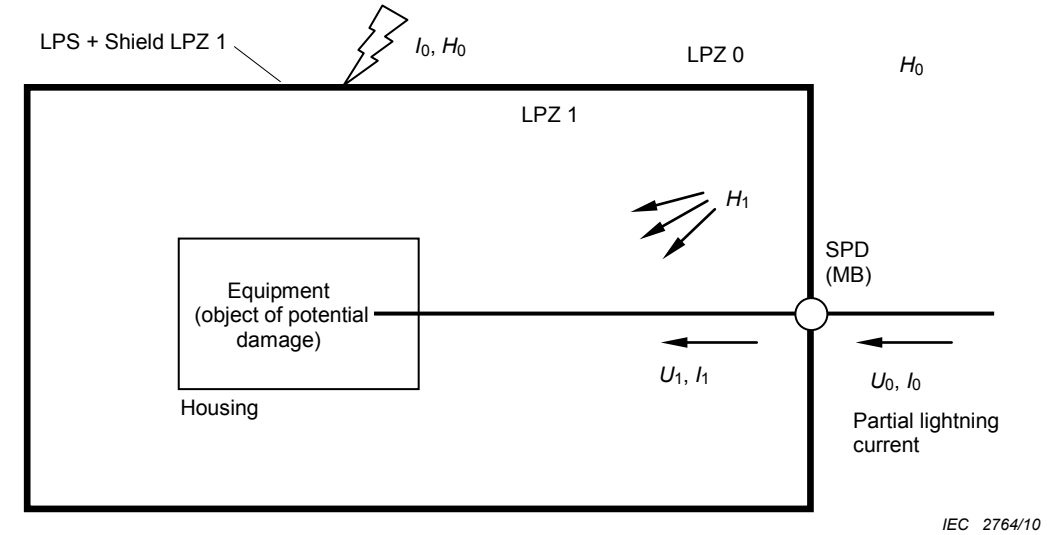


Figure 2b – SPM using spatial shield of LPZ 1 and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges (U_1<U_O and I_1<I_O) and against radiated magnetic fields (H_1<H_O)

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

www.TeraStandard.com

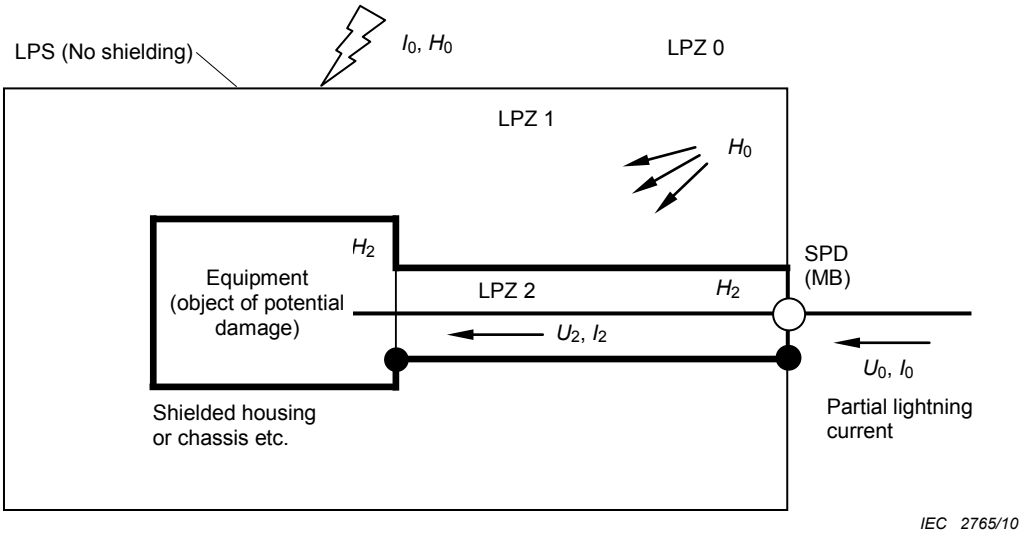


Figure 2c – SPM using internal line shielding and SPD protection at entry of LPZ 1 – Equipment protected against conducted surges ($U_2<U_O$ and $I_2<I_O$) and against radiated magnetic fields ($H_2<H_O$)

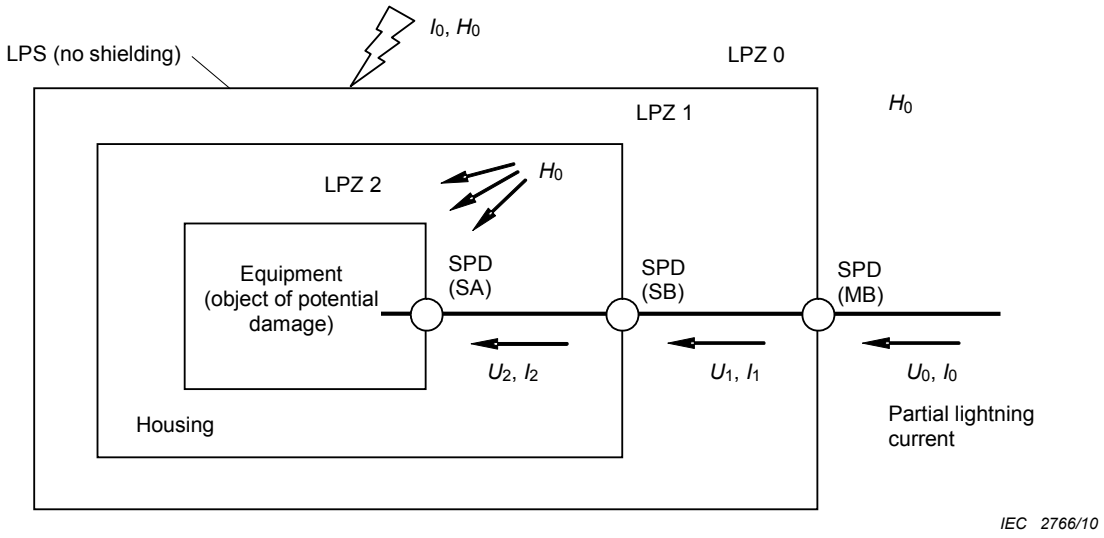


Figure 2d – SPM using a coordinated SPD system only –Equipment protected against conducted surges ($U_2<<U_O$ and $I_2<<I_O$), but not against radiated magnetic field (H_O)

Key

shielded boundary
non-shielded boundary

NOTE 1 SPDs can be located at the following points:
– at the boundary of LPZ 1 (e.g. at main distribution board MB);
– at the boundary of LPZ 2 (e.g. at secondary distribution board SB);
– at or close to equipment (e.g. at socket outlet SA).

NOTE 2 For detailed installation rules see also IEC 60364-5-53.

Figure 2 – Examples of possible SPM (LEMP protection measures)

Permanent failure of electrical and electronic systems due to LEMP can be caused by

- conducted and induced surges transmitted to equipment via connecting wiring,
- effects of radiated electromagnetic fields impinging directly onto equipment itself.

www.TeraStandard.com

For protection against the effects of radiated electromagnetic fields impinging directly onto the equipment, SPM consisting of spatial shields and/or shielded lines, combined with shielded equipment enclosures, should be used.

For protection against the effects of conducted and induced surges being transmitted to the equipment via connection wiring, SPM consisting of a coordinated SPD system should be used.

Failures due to electromagnetic fields impinging directly onto the equipment can be considered negligible provided the equipment complies with the relevant radio frequency emission and immunity EMC product standards.

In general, equipment is required to comply with the relevant EMC product standards therefore SPM consisting of a coordinated SPD system is usually considered sufficient to protect such equipment against the effects of LEMP.

For equipment not complying with relevant EMC product standards, SPM consisting of a coordinated SPD system alone is considered inadequate to protect such equipment against the effects of LEMP. In this case, Annex A provides further information as to how to achieve best protection against directly impinging electromagnetic fields. The equipment's withstand level against radiated magnetic fields needs to be selected in accordance with IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10.

If required for specific applications, a simulated system-level test which includes the SPD(s), installation wiring and the actual equipment may be performed in the laboratory to verify protection withstand coordination.

4.2 Design of SPM

SPM can be designed for protection of equipment against surges and electromagnetic fields. Figure 2 provides some examples of SPM using protection measures, such as LPS, magnetic shields and coordinated SPD systems:

- SPM employing spatial shields and a coordinated SPD system will protect against radiated magnetic fields and against conducted surges (see Figure 2a). Cascaded spatial shields and coordinated SPDs can reduce the magnetic field and surges to a lower threat level.
- SPM employing a spatial shield of LPZ 1 and an SPD at the entry of LPZ 1 can protect equipment against the radiated magnetic field and against conducted surges (see Figure 2b).

NOTE 1 The protection would not be sufficient if the magnetic field remains too high (due to low shielding effectiveness of LPZ 1), or if the surge magnitude remains too high (due to a high voltage protection level of the SPD and due to the induction effects onto wiring downstream of the SPD).

- SPM using shielded lines, combined with shielded equipment enclosures, will protect against radiated magnetic fields. The SPD at the entry of LPZ 1 will provide protection against conducted surges (see Figure 2c). To achieve a lower threat level (in one step from LPZ 0 to LPZ 2), a special SPD may be required (e.g. additional coordinated stages inside) to reach a sufficient low voltage protection level.
- SPM using a coordinated SPD system is only suitable to protect equipment which is insensitive to radiated magnetic fields, since the SPDs will only provide protection against conducted surges (see Figure 2d). A lower threat surge level can be achieved using coordinated SPDs.

NOTE 2 Solutions in accordance with Figures 2a to 2c are recommended especially for equipment which does not comply with relevant EMC product standards.

NOTE 3 An LPS in accordance with IEC 62305-3 that employs only equipotential bonding SPDs provides no effective protection against failure of sensitive electrical and electronic systems. The LPS can be improved by reducing the mesh dimensions and selecting suitable SPDs, so as to make it an effective component of the SPM.

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

www.TeraStandard.com

4.3 Lightning protection zones (LPZ)

With respect to lightning threat, the following LPZ are defined (see IEC 62305-1):

Outer zones:

LPZ 0 Zone where the threat is due to the unattenuated lightning electromagnetic field and where the internal systems may be subjected to full or partial lightning surge current. LPZ 0 is subdivided into:

LPZ 0_A zone where the threat is due to the direct lightning flash and the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to full lightning surge current.

LPZ 0_B zone protected against direct lightning flashes but where the threat is the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to partial lightning surge currents.

Inner zones: (protected against direct lightning flashes)

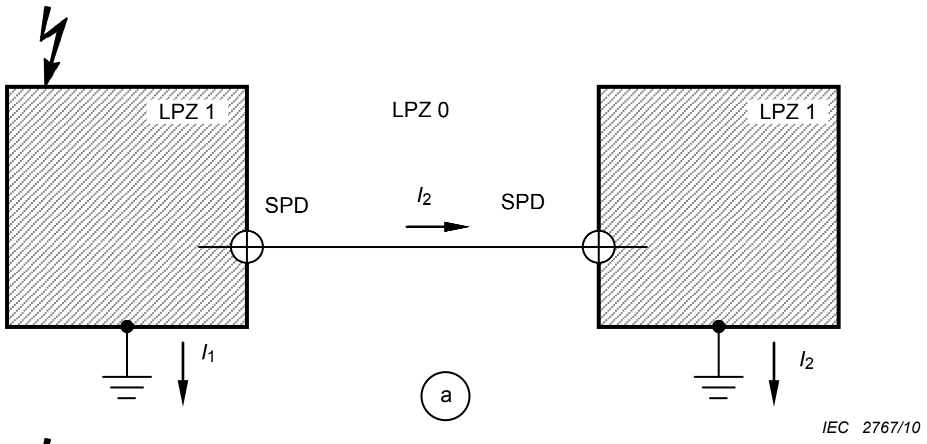
LPZ 1 Zone where the surge current is limited by current sharing and isolating interfaces and/or by SPDs at the boundary. Spatial shielding may attenuate the lightning electromagnetic field.

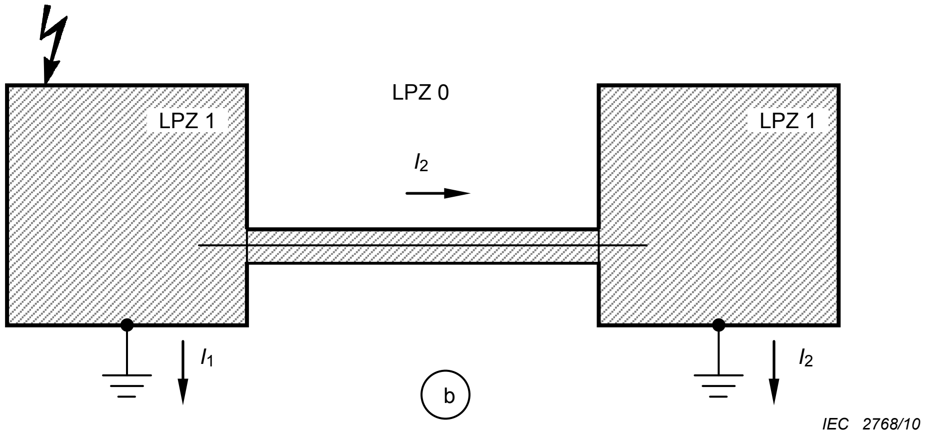
LPZ 2…n Zone where the surge current may be further limited by current sharing and isolating interfaces and/or and by additional SPDs at the boundary. Additional spatial shielding may be used to further attenuate the lightning electromagnetic field.

The LPZs are implemented by the installation of the SPM, e.g. installation of a coordinated SPD system and/or magnetic shielding (see Figure 2). Depending on the number, type and withstand level of the equipment to be protected, suitable LPZ can be defined. These may include small local zones (e.g. equipment enclosures) or large integral zones (e.g. the whole structure) (see Figure B.2).

Interconnection of LPZs of the same order may be necessary if either two separate structures are connected by electrical or signal lines, or the number of required SPDs is to be reduced (see Figure 3).

www.TeraStandard.com





NOTE Figure 3a shows two LPZ 1 connected by electrical or signal lines. Special care should be taken if both LPZ 1 represent separate structures with separate earthing systems, spaced tens or hundreds of metres from each other. In this case, a large part of the lightning current can flow along the connecting lines, which are not protected.

Key

I_1, I_2 partial lightning currents

Figure 3a – Interconnecting two LPZ 1 using SPDs

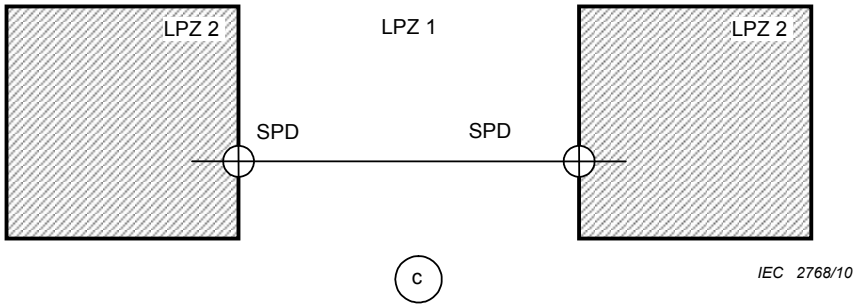
NOTE Figure 3b shows, that this problem can be solved using shielded cables or shielded cable ducts to interconnect both LPZ 1, provided that the shields are able to carry the partial lightning current. The SPD can be omitted, if the voltage drop along the shield is not too high.

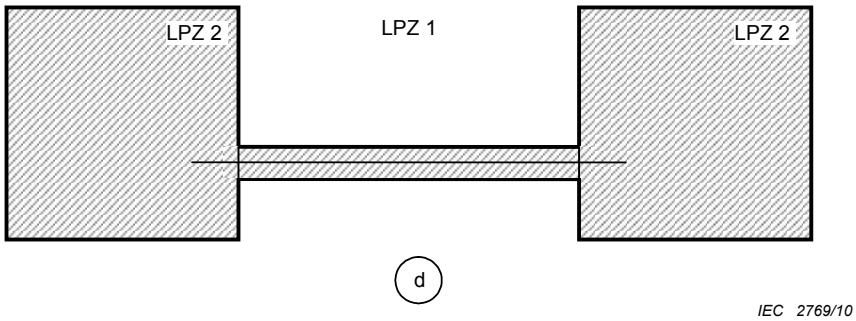
Key

I_1, I_2 partial lightning currents

Figure 3b – Interconnecting two LPZ 1 using shielded cables or shielded cable ducts

www.TeraStandard.com





NOTE Figure 3c shows two LPZ 2 connected by electrical or signal lines. Because the lines are exposed to the threat level of LPZ 1, SPDs at the entry into each LPZ 2 are required.

Figure 3c – Interconnecting two LPZ 2 using SPDs

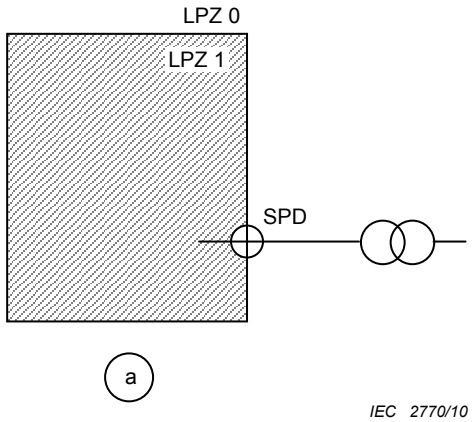
NOTE Figure 3d shows that such interference can be avoided and the SPDs can be omitted, if shielded cables or shielded cable ducts are used to interconnect both LPZ 2.

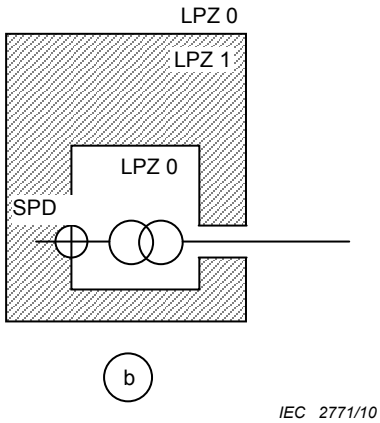
Figure 3d – Interconnecting two LPZ 2 using shielded cables or shielded cable ducts

Figure 3 – Examples for interconnected LPZ

Extending an LPZ into another LPZ might be needed in special cases or can be used to reduce the number of required SPDs (see Figure 4).

Detailed evaluation of the electromagnetic environment in an LPZ is described in Annex A.





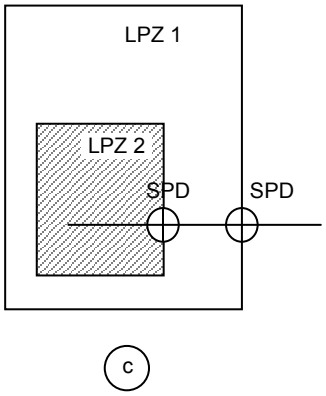
NOTE Figure 4a shows a structure powered by a transformer. If the transformer is placed outside the structure, only the low voltage lines entering the structure require protection using an SPD.

Figure 4a – Transformer outside the structure (within LPZ 0)

NOTE If the transformer is placed inside the structure and does not have an SPD installed on the HV side (since the owner of the building is often not permitted to adopt protection measures on the high voltage side) then Figure 4b applies. Figure 4b shows that the problem can be solved by extending LPZ 0 into LPZ 1, which again requires SPDs to be installed on the low voltage side only.

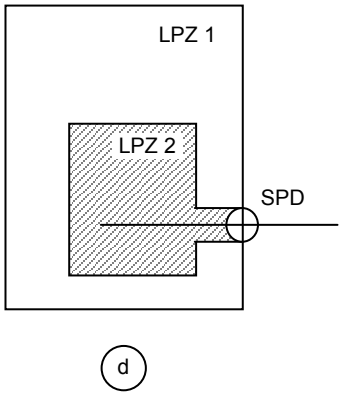
Figure 4b – Transformer inside the structure (LPZ 0 extended into LPZ 1)

www.TeraStandard.com



NOTE Figure 4c shows an LPZ 2 supplied by an electrical or signal line. This line needs two coordinated SPDs: one at the boundary of LPZs 0/1, the other at the boundary of LPZs 1/2.

Figure 4c – Two coordinated SPDs needed – SPD (between zones 0/1) and SPD (between zones 1/2)



NOTE Figure 4d shows that the line can enter immediately into LPZ 2 and only one SPD is required, if LPZ 2 is extended into LPZ 1 using shielded cables or shielded cable ducts. However this SPD will reduce the threat immediately to the level of LPZ 2.

Figure 4d – Only one SPD needed –SPD (between zones 0/2) (LPZ 2 extended into LPZ 1)

Figure 4 – Examples for extended lightning protection zones

4.4 Basic SPM

Basic protection measures against LEMP include:

- **Earthing and bonding (see Clause 5)**

  The earthing system conducts and disperses the lightning current into the earth.

  The bonding network minimizes potential differences and may reduce the magnetic field.

- **Magnetic shielding and line routing (see Clause 6)**

  Spatial shielding attenuates the magnetic field inside the LPZ, arising from lightning flashes direct to or nearby the structure, and reduces internal surges.

  Shielding of internal lines, using shielded cables or cable ducts, minimizes internally-induced surges.

  Routing of internal lines can minimize induction loops and reduce internal surges.

  NOTE 1 Spatial shielding, shielding and routing of internal lines can be combined or used separately.

  Shielding of external lines entering the structure reduces surges from being conducted onto the internal systems.

- **Coordinated SPD system (see Clause 7)**

  A coordinated SPD system limits the effects of externally originated and internally created surges.

- **Isolating interfaces (see Clause 8)**

  Isolating interfaces limits the effects of conducted surges on lines entering the LPZ.

www.TeraStandard.com

Earthing and bonding should always be ensured, in particular, bonding of every conductive service directly or via an equipotential bonding SPD, at the point of entry to the structure.

Other SPM can be used alone or in combination.

SPM shall withstand the operational stresses expected in the installation place (e.g. stress of temperature, humidity, corrosive atmosphere, vibration, voltage and current).

Selection of the most suitable SPM shall be made using a risk assessment in accordance with IEC 62305-2, taking into account technical and economic factors.

Practical information on the implementation of SPM for internal systems in existing structures is given in Annex B.

NOTE 2 Lightning equipotential bonding (EB) in accordance with IEC 62305-3 will protect against dangerous sparking only. Protection of internal systems against surges requires a coordinated SPD system in accordance with this standard.

NOTE 3 Further information on the implementation of SPM can be found in IEC 60364-4-44.

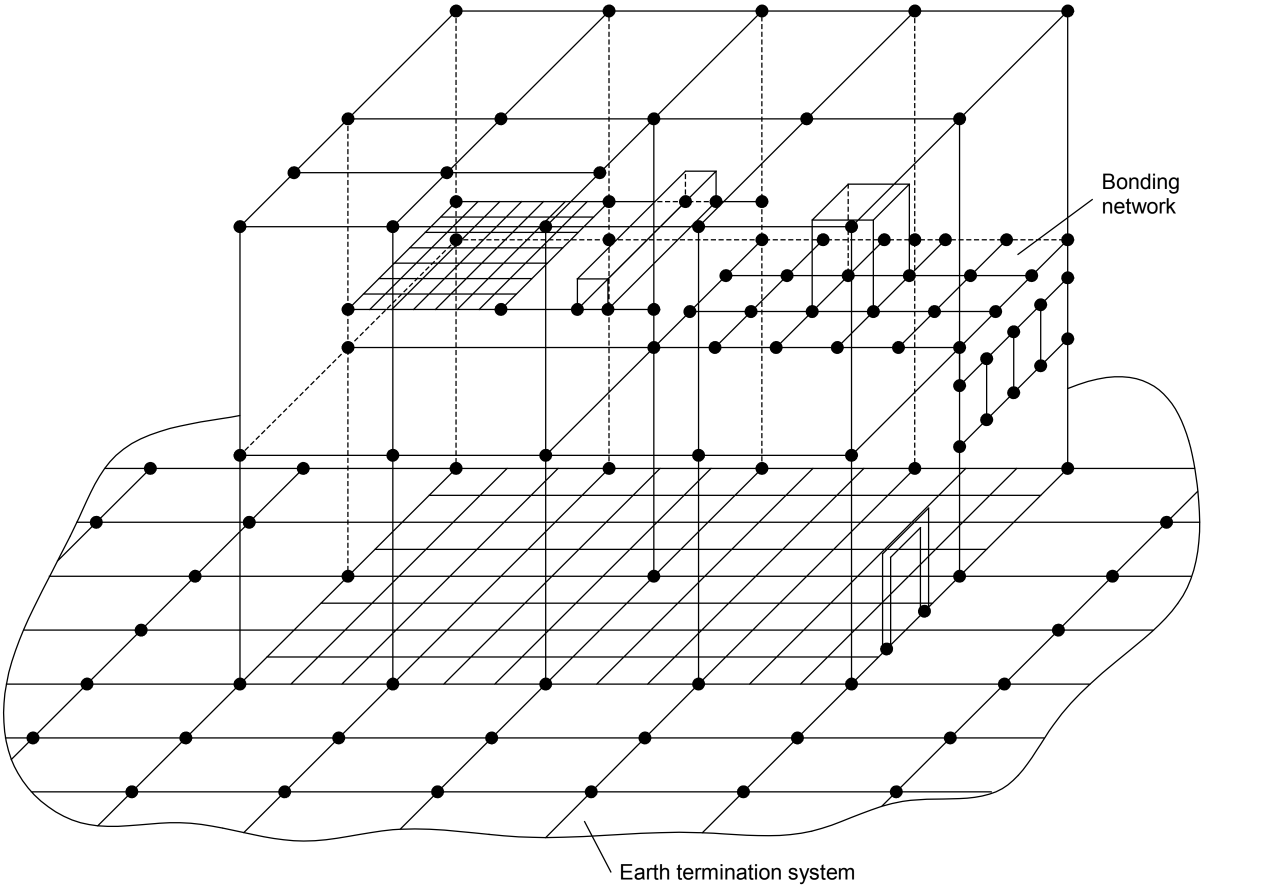
5 Earthing and bonding

5.1 General

Suitable earthing and bonding are based on a complete earthing system (see Figure 5) combining

– the earth-termination system (dispersing the lightning current into the soil), and
– the bonding network (minimizing potential differences and reducing the magnetic field).

www.TeraStandard.com



NOTE All drawn conductors are either bonded structural metal elements or bonding conductors. Some of them may also serve to intercept, conduct and disperse the lightning current into the earth.

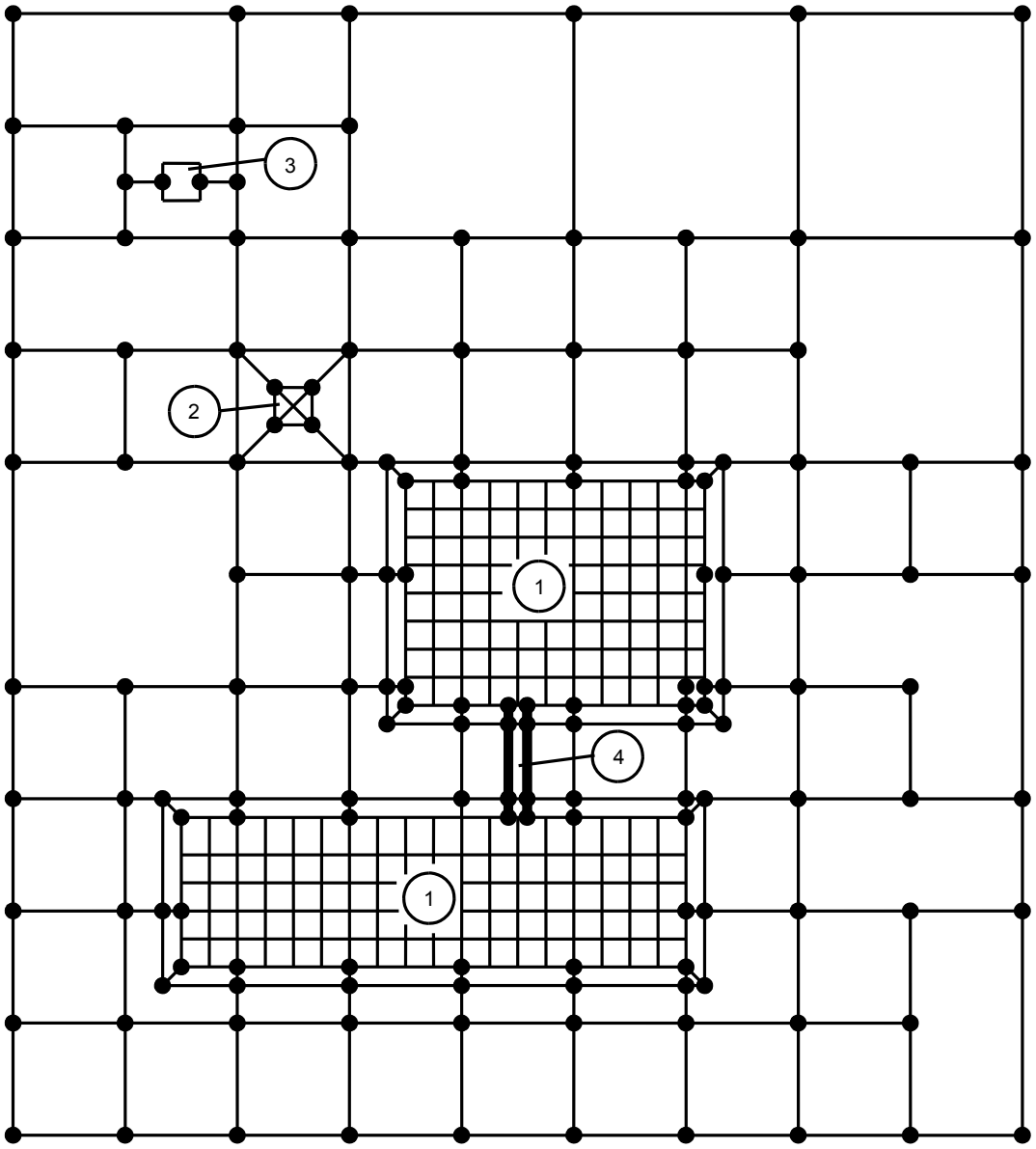
Figure 5 – Example of a three-dimensional earthing system consisting of the bonding network interconnected with the earth-termination system

5.2 Earth-termination system

The earth-termination system of the structure shall comply with IEC 62305-3. In structures where only electrical systems are provided, a type A earthing arrangement may be used, but a type B earthing arrangement is preferable. In structures with electronic systems, a type B earthing arrangement is recommended.

The ring earth electrode around the structure, or the ring earth electrode in the concrete at the perimeter of the foundation, should be integrated with a meshed network under and around the structure, having a mesh width of typically 5 m. This greatly improves the performance of the earth-termination system. If the basement's reinforced concrete floor forms a well defined interconnected mesh and is connected to the earth-termination system, typically every 5 m, it is also suitable. An example of a meshed earth-termination system of a plant is shown in Figure 6.

www.TeraStandard.com



IEC 2775/10

Key

1 building with meshed network of the reinforcement
2 tower inside the plant
3 stand-alone equipment
4 cable tray

Figure 6 – Meshed earth-termination system of a plant

To reduce potential differences between two internal systems, which may be referenced in some special cases to separate earthing systems, the following methods may be applied:

– several parallel bonding conductors running in the same paths as the electrical cables, or the cables enclosed in grid-like reinforced concrete ducts (or continuously bonded metal conduit), which have been integrated into both of the earth-termination systems;

– shielded cables with shields of adequate cross-section, and bonded to the separate earthing systems at either end.

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

www.TeraStandard.com

5.3 Bonding network

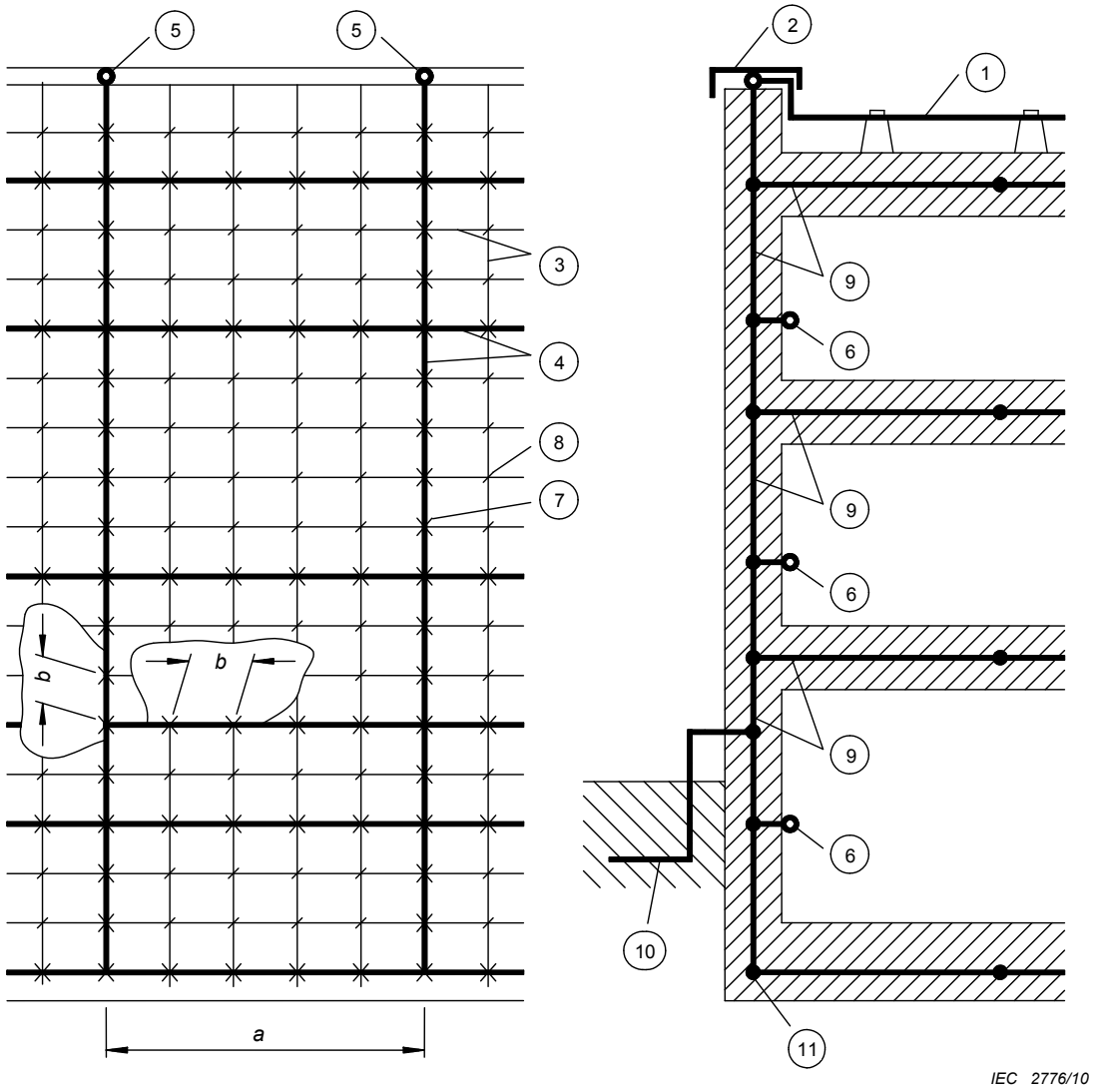
A low impedance bonding network is needed to avoid dangerous potential differences between all equipment inside the inner LPZ. Moreover, such a bonding network also reduces the magnetic field (see Annex A).

This can be realised by a meshed bonding network integrating conductive parts of the structure, or parts of the internal systems, and by bonding metal parts or conductive services at the boundary of each LPZ directly or by using suitable SPDs.

The bonding network can be arranged as a three-dimensional meshed structure with a typical mesh width of 5 m (see Figure 5). This requires multiple interconnections of metal components in and on the structure (such as concrete reinforcement, elevator rails, cranes, metal roofs, metal facades, metal frames of windows and doors, metal floor frames, service pipes and cable trays). Bonding bars (e.g. ring bonding bars, several bonding bars at different levels of the structure) and magnetic shields of the LPZ shall be integrated in the same way.

Examples of bonding networks are shown in Figures 7 and 8.

www.TeraStandard.com



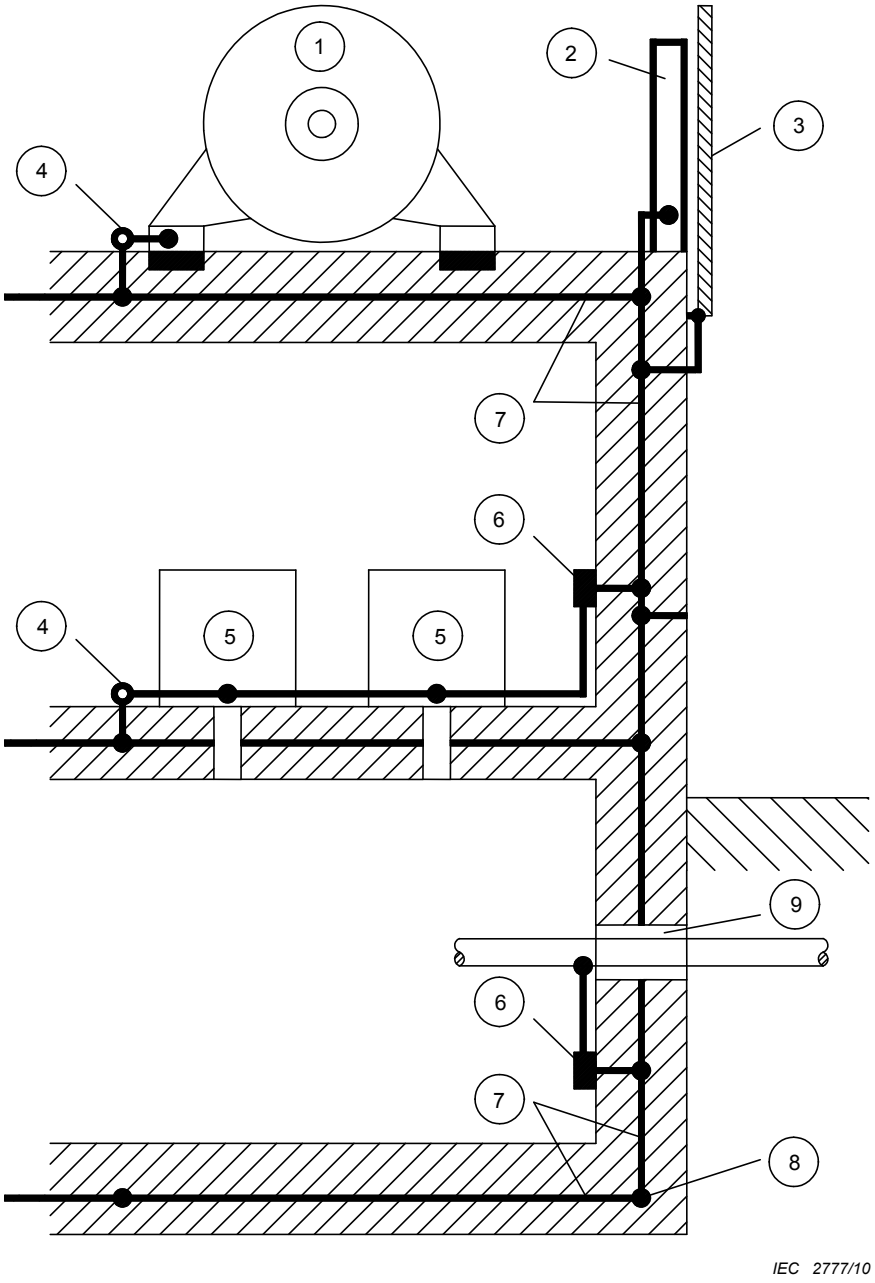
Key

1 air-termination conductor
2 metal covering of the roof parapet
3 steel reinforcing rods
4 mesh conductors superimposed on the reinforcement
5 joint of the mesh conductor
6 joint for an internal bonding bar
7 connection made by welding or clamping
8 arbitrary connection
9 steel reinforcement in concrete (with superimposed mesh conductors)
10 ring earthing electrode (if any)
11 foundation earthing electrode

a typical distance of 5 m for superimposed mesh conductors
b typical distance of 1 m for connecting this mesh with the reinforcement

Figure 7 – Utilization of reinforcing rods of a structure for equipotential bonding

www.TeraStandard.com



Key

1 electrical power equipment
2 steel girder
3 metal covering of the facade
4 bonding joint
5 electrical or electronic equipment
6 bonding bar
7 steel reinforcement in concrete (with superimposed mesh conductors)
8 foundation earthing electrode
9 common entry point for different services

Figure 8 – Equipotential bonding in a structure with steel reinforcement

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

www.TeraStandard.com

Conductive parts (e.g. cabinets, enclosures, racks) and the protective earth conductor (PE) of the internal systems shall be connected to the bonding network in accordance with the following configurations (see Figure 9):

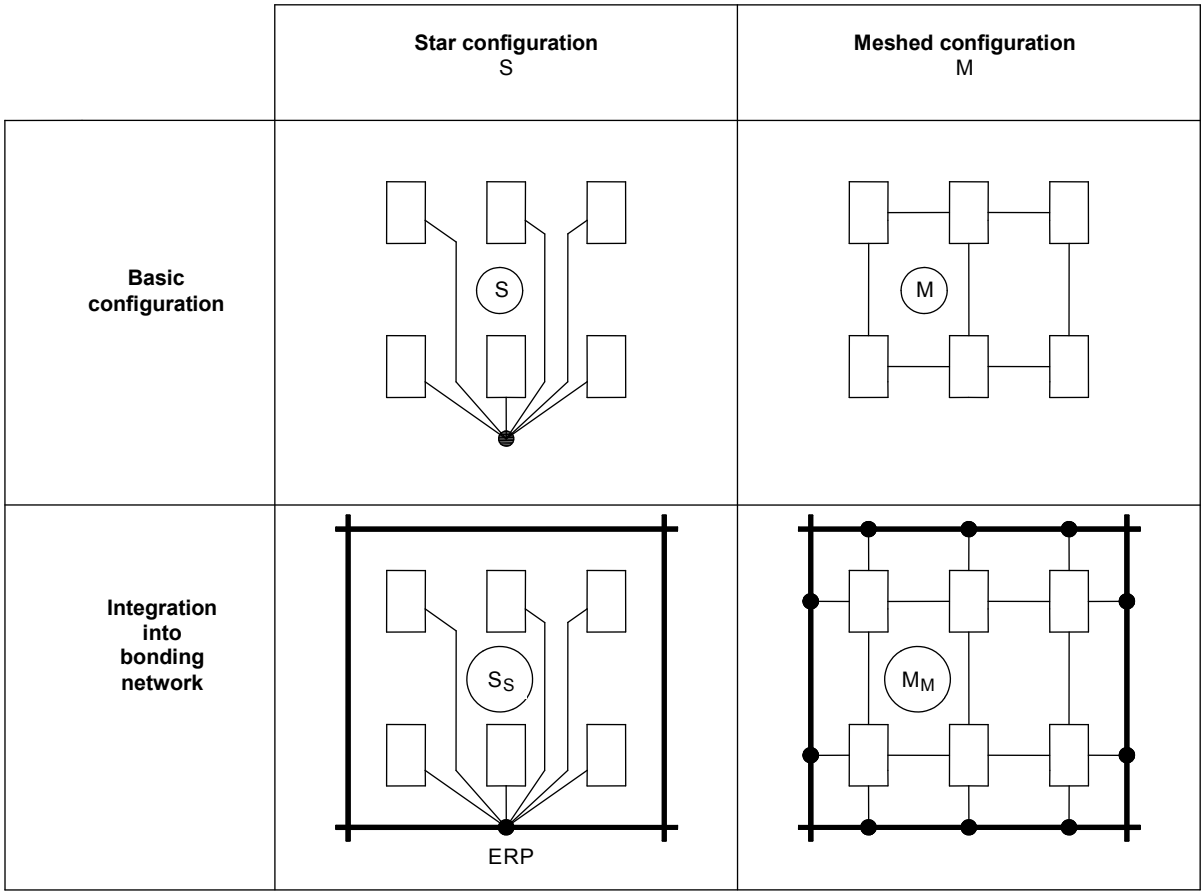


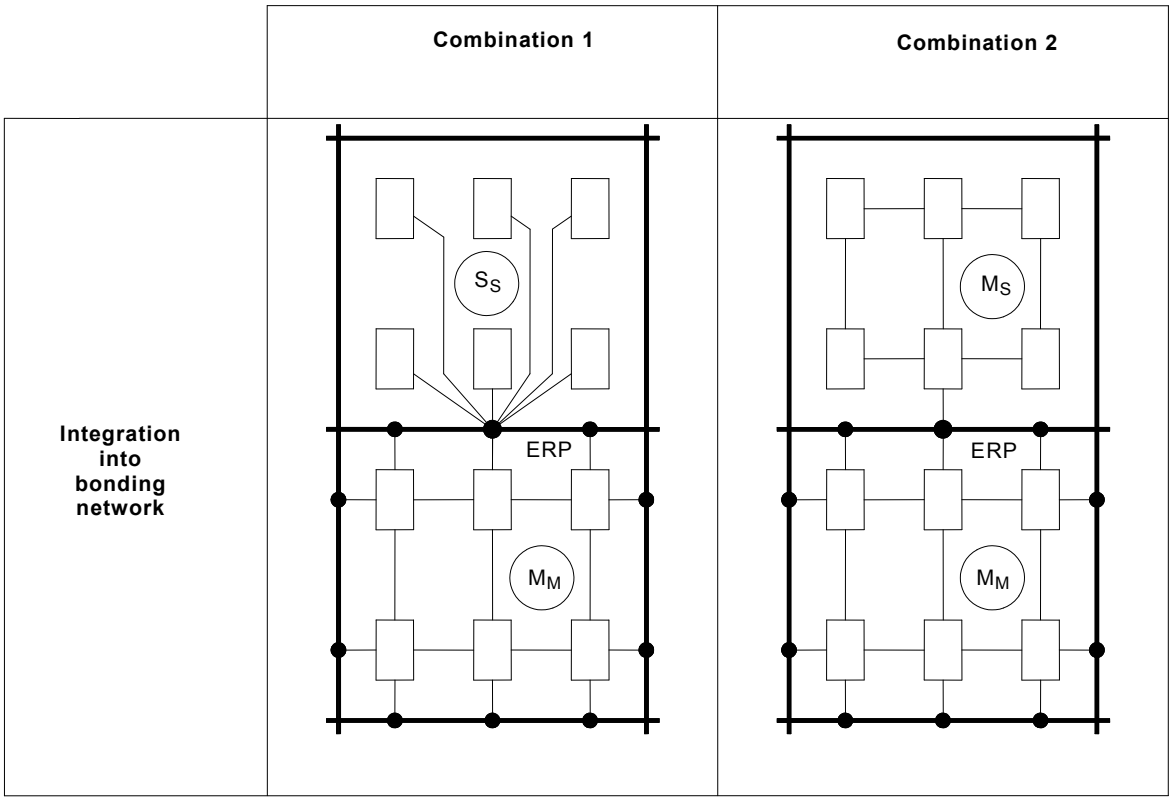
Figure 9 – Integration of conductive parts of internal systems into the bonding network

If the configuration S is used, all metal components (e.g. cabinets, enclosures, racks) of the internal systems shall be isolated from the earthing system. The configuration S shall be integrated into the earthing system only by a single bonding bar acting as the earth reference point (ERP) resulting in type S_S. When configuration S is used, all lines between the individual equipment shall run in parallel with, and close to, the bonding conductors following the star configuration in order to avoid induction loops. Configuration S can be used where internal systems are located in relatively small zones and all lines enter the zone at one point only.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com

If configuration M is used, the metal components (e.g. cabinets, enclosures, racks) of the internal systems are not to be isolated from the earthing system, but shall be integrated into it by multiple bonding points, resulting in type M_M. Configuration M is preferred for internal systems extended over relatively wide zones or over a whole structure, where many lines run between the individual pieces of equipment, and where the lines enter the structure at several points.

In complex systems, the advantages of both configurations (configuration M and S) can be combined as illustrated in Figure 10, resulting in combination 1 (S_S combined with M_M) or in combination 2 (M_S combined with M_M).



IEC 2779/10

Key

———	bonding network
———	bonding conductor
▭	equipment
●	bonding point to the bonding network
ERP	earthing reference point
S_S	star point configuration integrated by star point
M_M	meshed configuration integrated by mesh
M_S	meshed configuration integrated by star point

Figure 10 – Combinations of integration methods of conductive parts of internal systems into the bonding network

5.4 Bonding bars

Bonding bars shall be installed for bonding of

www.TeraStandard.com

– all conductive services entering an LPZ (directly or by using suitable SPDs),
– the protective earth conductor PE,
– metal components of the internal systems (e.g. cabinets, enclosures, racks),
– the magnetic shields of the LPZ at the periphery and inside the structure.

For efficient bonding the following installation rules are important:

– the basis for all bonding measures is a low impedance bonding network;
– bonding bars should be connected to the earthing system by the shortest possible route;
– material and dimensions of bonding bars and bonding conductors shall comply with 5.6;
– SPDs should be installed in such a way as to use the shortest possible connections to the bonding bar as well as to live conductors, thus minimizing inductive voltage drops;
– on the protected side of the circuit (downstream of an SPD), mutual induction effects should be minimized, either by minimizing the loop area or using shielded cables or cable ducts.

5.5 Bonding at the boundary of an LPZ

Where an LPZ is defined, bonding shall be provided for all metal parts and services (e.g. metal pipes, power lines or signal lines) penetrating the boundary of the LPZ.

NOTE Bonding of services entering LPZ 1 should be discussed with the service network providers involved (e.g. electrical power or telecommunication authorities), because there could be conflicting requirements.

Bonding shall be performed via bonding bars, which are installed as closely as possible to the entrance point at the boundary.

Where possible, incoming services should enter the LPZ at the same location and be connected to the same bonding bar. If services enter the LPZ at different locations, each service shall be connected to a bonding bar and these bonding bars shall be connected together. To realise this, bonding to a ring bonding bar (ring conductor) is recommended.

Equipotential bonding SPDs are always required at the entrance of the LPZ to bond incoming lines, which are connected to the internal systems within the LPZ, to the bonding bar. Using an interconnected or extended LPZ can reduce the number of SPDs required.

Shielded cables or interconnected metal cable ducts, bonded at each LPZ boundary, can be used either to interconnect several LPZ of the same order to one joint LPZ, or to extend an LPZ to the next boundary.

5.6 Material and dimensions of bonding components

Material, dimensions and conditions of use shall comply with IEC 62305-3. The minimum cross-section for bonding components shall comply with Table 1 below.

Clamps shall be dimensioned in accordance with the lightning current values of the LPL (see IEC 62305-1) and the current sharing analysis (see IEC 62305-3).

SPDs shall be dimensioned in accordance with Clause 7.

www.TeraStandard.com

Table 1 – Minimum cross-sections for bonding components

Bonding component		Material [a]	Cross-section [b] mm²
Bonding bars (copper, copper coated steel or galvanized steel)		Cu, Fe	50
Connecting conductors from bonding bars to the earthing system or to other bonding bars (carrying the full or a significant part of lightning current)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Connecting conductors from internal metal installations to bonding bars (carrying a partial lightning current)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Earthing conductors to the SPD (carrying the full or a significant part of lightning current) [c]	Class I	Cu	16
	Class II		6
	Class III		1
	Other SPDs [d]		1

[a] Other material used should have cross-sections ensuring equivalent resistance.

[b] In some countries, smaller conductor sizes may be used, provided that they fulfil the thermal and mechanical requirements – see Annex D of IEC 62305-1:2010.

[c] For SPDs used in power applications, additional information for connecting conductors is given in IEC 60364-5-53 and IEC 61643-12.

[d] Other SPDs include SPDs used in telecommunication and signalling systems.

6 Magnetic shielding and line routing

6.1 General

Magnetic shielding can reduce the electromagnetic field as well as the magnitude of induced internal surges. Suitable routing of internal lines can also minimize the magnitude of induced internal surges. Both measures are effective in reducing permanent failure of internal systems.

6.2 Spatial shielding

Spatial shields define protected zones, which may cover the whole structure, a part of it, a single room or the equipment enclosure only. These may be grid-like, or continuous metal shields, or comprise the "natural components" of the structure itself (see IEC 62305-3).

Spatial shields are advisable where it is more practical and useful to protect a defined zone of the structure instead of several individual pieces of equipment. Spatial shields should be provided in the early planning stage of a new structure or a new internal system. Retrofitting to existing installations may result in higher costs and greater technical difficulties.

6.3 Shielding of internal lines

Shielding may be restricted to cabling and equipment of the system to be protected; metallic shield of cables, closed metallic cable ducts and metallic enclosures of equipment are used for this purpose.

6.4 Routing of internal lines

Suitable routing of internal lines minimizes induction loops and reduces the creation of surge voltages internally in the structure. The loop area can be minimized by routing the cables close to natural components of the structure which have been earthed and/or by routing electrical and signal lines together.

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

www.TeraStandard.com

NOTE Some distance between power lines and unshielded signal lines may still be needed to avoid interference.

6.5 Shielding of external lines

Shielding of external lines entering the structure includes cable shields, closed metallic cable ducts and concrete cable ducts with interconnected reinforcement steel. Shielding of external lines is helpful, but often not the responsibility of the SPM planner (since the owner of external lines is normally the network provider).

6.6 Material and dimensions of magnetic shields

At the boundary of LPZ 0_A and LPZ 1, materials and dimensions of magnetic shields (e.g. grid-like spatial shields, cable shields and equipment enclosures) shall comply with the requirements of IEC 62305-3 for air-termination conductors and/or down-conductors. In particular:

- minimum thickness of sheet metal parts, metal ducts, piping and cable shields shall comply with Table 3 of IEC 62305-3:2010;
- layouts of grid-like spatial shields and the minimum cross-section of their conductors, shall comply with Table 6 of IEC 62305-3:2010.

The dimensions of magnetic shields not intended to carry lightning currents are not required to conform to Tables 3 and 6 of IEC 62305-3:2010:

- at the boundary of LPZs 1/2 or higher, provided that the separation distance, *s*, between magnetic shields and the LPS is fulfilled (see 6.3 of IEC 62305-3:2010),
- at the boundary of any LPZ, if the number of dangerous events N_D due to lightning flashes to the structure is negligible, i.e. N_D < 0,01 per year.

7 Coordinated SPD system

The protection of internal systems against surges requires a systematic approach consisting of coordinated SPDs for both power and signal lines. The rules for the selection and installation of a coordinated SPD system are similar in both cases (see Annex C).

In SPM using the lightning protection zones concept with more than one inner LPZ (LPZ 1, LPZ 2 and higher), SPD(s) shall be located at the line entrance into each LPZ (see Figure 2).

In SPM using LPZ 1 only, an SPD shall be located at the line entrance into LPZ 1 at least.

In both cases, additional SPDs may be required if the distance between the location of the SPD and the equipment being protected is long (see Annex C).

The SPD’s test requirements shall comply with

- IEC 61643-1 for power systems,
- IEC 61643-21 for telecommunication and signalling systems.

Information on selection and installation of a coordinated SPD system are reported in Annex C. Selection and installation of a coordinated SPD system shall comply also with

- IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53 for protection of power systems,
- IEC 61643-22 for protection of telecommunications and signalling systems.

Information and guidelines as to the magnitude of surges created by lightning, for the purpose of dimensioning SPDs at different installation points in the structure, is provided in Annex D of this standard and Annex E of IEC 62305-1:2010.

www.TeraStandard.com

8 Isolating interfaces

Isolating interfaces may be used to reduce the effects of LEMP. Protection of such interfaces against overvoltages, where needed, may be achieved using SPDs. The withstand level of the isolating interface and the voltage protection level of the SPD U_P shall be coordinated with the overvoltage categories of IEC 60664-1.

NOTE The scope of this part of IEC 62305 deals with protection of equipment within structures, and not protection of interconnected structures to which the isolation transformer may provide some benefit.

9 SPM management

9.1 General

To achieve a cost-effective and efficient protection system, the design should be carried out during the building conception stage and before construction. This allows one to optimize the use of the natural components of the structure and to choose the best compromise for the cabling layout and equipment location.

For a retrofit to existing structures, the cost of SPM is generally higher than that of the cost for new structures. However, it is possible to minimize the cost by a proper choice of LPZ and by using existing installations or by upgrading them.

Proper protection can be achieved only if

– provisions are defined by a lightning protection expert,

– good coordination exists between the different experts involved in the building construction and in the SPM (e.g. civil and electrical engineers),

– the management plan of 9.2 is followed.

The SPM shall be maintained by inspection and maintenance. After relevant changes to the structure or to the protection measures, a new risk assessment should be carried out.

9.2 SPM management plan

Planning and coordination of the SPM requires a management plan (see Table 2), which begins with an initial risk assessment (IEC 62305-2) to determine the required protection measures needed to reduce the risk to a tolerable level. To accomplish this, the lightning protection zones shall be determined.

In accordance with the LPL defined in IEC 62305-1, and the protection measures to be adopted, the following steps shall be carried out:

– an earthing system, comprising a bonding network and an earth-termination system, shall be provided;

– external metal parts and incoming services shall be bonded directly or via suitable SPDs;

– the internal system shall be integrated into the bonding network;

– spatial shielding in combination with line routing and line shielding may be implemented;

– requirements for a coordinated SPD system shall be determined;

– suitability of isolating interfaces shall be determined;

– for existing structures, special measures may be needed (see Annex B).

After this, the cost/benefit ratio of the selected protection measures should be re-evaluated and optimized using the risk assessment method again.

www.TeraStandard.com

Table 2 – SPM management plan for new buildings and for extensive changes in construction or use of buildings

Step	Aim	Action to be taken by
Initial risk analysis [a]	To check the need for LEMP protection If needed, select suitable SPM using the risk assessment method To check the risk reduction after each successive protection measure taken	Lightning protection expert [b] Owner
Final risk analysis [a]	The cost/benefit ratio for the selected protection measures should be optimized using the risk assessment method again As a result the following are defined: - LPL and the lightning parameters - LPZs and their boundaries	Lightning protection expert [b] Owner
SPM planning	Definition of the SPM: - spatial shielding measures - bonding networks - earth-termination systems - line shielding and routing - shielding of incoming services - a coordinated SPD system - isolating interface	Lightning protection expert Owner Architect Planners of internal systems Planners of relevant installations
SPM design	General drawings and descriptions Preparation of lists for tenders Detailed drawings and timetables for the installation	Engineering office or equivalent
Installation of the SPM including supervision	Quality of installation Documentation Possibly revision of the detailed drawings	Lightning protection expert Installer of the SPM Engineering office Supervisor
Approval of the SPM	Checking and documenting the state of the system	Independent lightning protection expert Supervisor
Recurrent inspections	Ensuring the adequacy of the SPM	Lightning protection expert Supervisor

[a] See IEC 62305-2.

[b] With a broad knowledge of EMC and knowledge of installation practices.

9.3 Inspection of SPM

9.3.1 General

The inspection comprises checking the technical documentation, visual inspections and test measurements. The object of the inspection is to verify that

– the SPM complies with the design,

– the SPM is capable of performing its design function,

– any new additional protection measure is integrated correctly into the SPM.

Inspections shall be made

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

www.TeraStandard.com

– during the installation of the SPM,
– after the installation of the SPM,
– periodically,
– after any alteration of components relevant to the SPM,
– possibly after a lightning flash to the structure (e.g. where indicated by a lightning flash counter, or where an eyewitness account of a flash to the structure is provided, or where there is visual evidence of lightning-related damage to the structure).

The frequency of the periodical inspections shall be determined with consideration to

– the local environment, such as corrosive soils and corrosive atmospheric conditions,
– the type of protection measures employed.

NOTE Where no specific requirements are identified by the authority having jurisdiction, the values of Table E.2 of IEC 62305-3:2010 are recommended.

9.3.2 Inspection procedure

9.3.2.1 Checking of technical documentation

After the installation of new SPM measures, the technical documentation shall be checked for compliance with the relevant standards, and for completeness. Consequently, the technical documentation shall be continuously updated, e.g. after any alteration or extension of the SPM.

9.3.2.2 Visual inspection

Visual inspection shall be carried out to verify that

– there are no loose connections nor any accidental breaks in conductors and joints,
– no part of the system has been weakened due to corrosion, especially at ground level,
– bonding conductors and cable shields are intact and interconnected,
– there are no additions or alterations which require further protection measures,
– there is no indication of damage to the SPDs and their fuses or disconnectors,
– appropriate line routings are maintained,
– safety distances to the spatial shields are maintained.

9.3.2.3 Measurements

A measurement of electrical continuity should be performed on those parts of an earthing and bonding system that are not visible for inspection.

NOTE If an SPD does not have a visual indicator (flag), measurements shall be performed in accordance with the manufacturer's instructions to confirm its operating status, when so required.

9.3.3 Inspection documentation

An inspection guide should be prepared to facilitate the process. The guide should contain sufficient information to assist the inspector with his task, so that all aspects of the installation and its components, tests methods and test data which is recorded, can be documented.

The inspector shall prepare a report, which shall be attached to the technical documentation and the previous inspection reports. The inspection report shall contain information covering

– the general status of the SPM,
– any deviation(s) from the technical documentation,
– the result of any measurements performed.

www.TeraStandard.com

9.4 Maintenance

After inspection, all defects noted shall be corrected without delay. If necessary, the technical documentation shall be updated.

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

www.TeraStandard.com

Annex A
(informative)

Basis of electromagnetic environment evaluation in an LPZ

A.1 General

Annex A provides information for the evaluation of the electromagnetic environment inside an LPZ that can be used for protection against LEMP. It is also suitable for protection against electromagnetic interference.

A.2 Damaging effects on electrical and electronic systems due to lightning

A.2.1 The source of damage

The primary source of damage is the lightning current and its associated magnetic field, which have the same waveshape as the lightning current.

NOTE For protection considerations the influence of the lightning electric field is usually of minor interest.

A.2.2 Object of damage

Internal systems installed in or on a structure having only a limited withstand level to surges and to magnetic fields, may be damaged or operate incorrectly when subjected to the effects of lightning and its subsequent magnetic fields.

Systems mounted outside a structure can be at risk due to the unattenuated magnetic field and, if positioned in an exposed location, due to surges up to the full lightning current of a direct lightning strike.

Systems installed inside a structure can be at risk due to the remaining attenuated magnetic field, due to the conducted or induced internal surges and due to external surges conducted by incoming lines.

For details concerning equipment withstand levels the following standards are of relevance:

- the rated impulse voltage level of the power installation is defined in Table F.1 of IEC 60664-1:2007. The withstand level is defined by the rated impulse withstand voltage 1,5 kV – 2,5 kV – 4 kV and 6 kV for 230/400V and 277/480V systems;
- the withstand level of telecommunication equipment is defined in ITU-T K.20 [3], K.21 [4] and K.45 [5].

The withstand level of equipment is generally defined in the accompanying product specification sheet, or can be tested

- against conducted surges using IEC 61000-4-5 with test levels for voltage: 0,5 kV – 1 kV – 2 kV and 4 kV at 1,2/50 μs waveshape and with test levels for current: 0,25 kV – 0,5 kV – 1 kV and 2 kA at 8/20 μs waveshape,

  NOTE In order for certain equipment to meet the requirements of the above standard, it may incorporate internal SPDs. The characteristics of these internal SPDs may affect the coordination requirements.

- against magnetic fields using IEC 61000-4-9 with test levels: 100 A/m – 300 A/m – 1 000 A/m at 8/20 μs waveshape and IEC 61000-4-10 with test levels: 10 A/m – 30 A/m – 100 A/m at 1MHz.

Equipment not complying with radio frequency (RF) radiated emission and immunity tests, as defined by the relevant EMC product standards, can be at risk due to directly radiated

www.TeraStandard.com

magnetic fields into it. On the other hand, the failure of equipment complying with these standards can be neglected.

A.2.3 Coupling mechanisms between the object of damage and the source of damage

The equipment's withstand level needs to be compatible with the source of damage. To achieve this, the coupling mechanisms need to be adequately controlled by the appropriate creation of lightning protection zones (LPZs).

A.3 Spatial shielding, line routing and line shielding

A.3.1 General

The magnetic field caused inside an LPZ by lightning flashes to the structure or the nearby ground, may be reduced by spatial shielding of the LPZ only. Surges induced into the electronic system can be minimized either by spatial shielding, or by line routing and shielding, or by a combination of both methods.

Figure A.1 provides an example of the LEMP in the case of lightning strike to the structure showing the lightning protection zones LPZ 0, LPZ 1 and LPZ 2. The electronic system to be protected is installed inside LPZ 2.

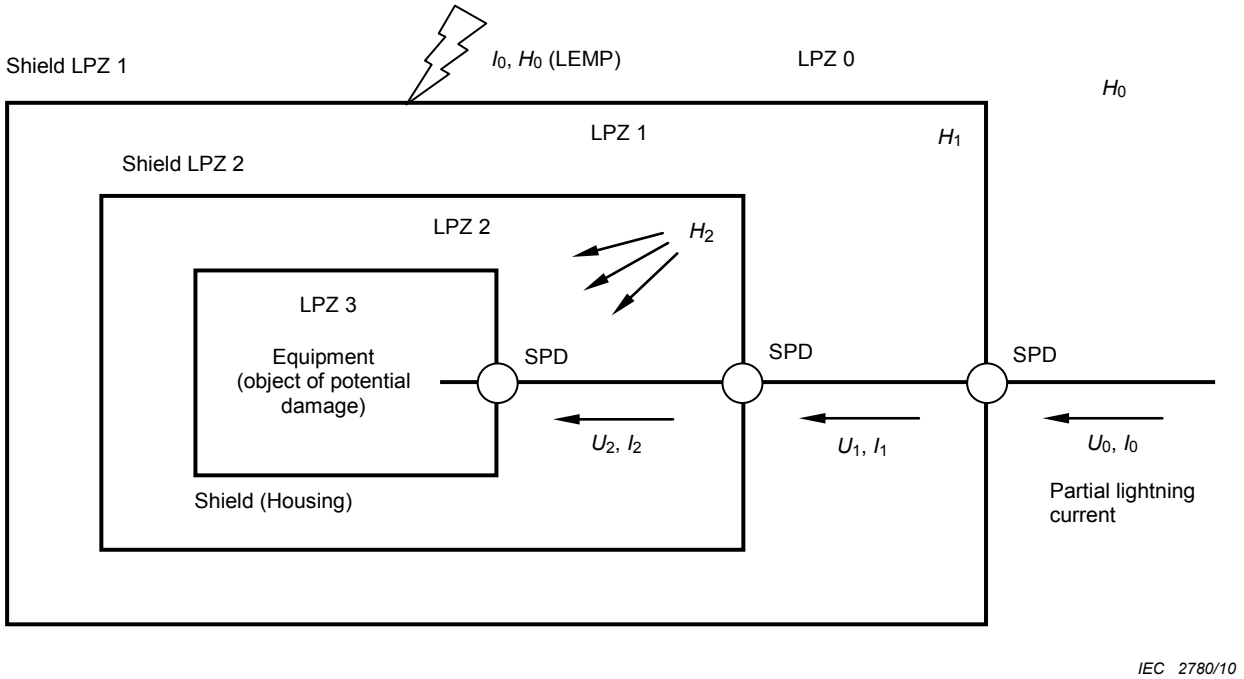


Figure A.1 – LEMP situation due to lightning strike

In Table A.1 points 1, 2 and 3 define the parameters I_0, H_0, and U_W of Figure A.1; suitable test parameters, to assure that equipment is able to withstand the expected stress in its installation location, are given in points 4 and 5.

www.TeraStandard.com

Table A.1 – Parameters relevant to source of harm and equipment

1.	**Primary source of harm LEMP** As defined from parameters in accordance with LPLs I to IV:					
	IEC 62305-1		**Impulse** μs	**Amplitude for LPL** I – II – III - IV kA	**Steepness for** LPL I – II – III - IV kA/μs	**Relevant effects:**
		I_0	10/350	200 – 150 – 100 – 100	20 – 15 – 10 – 10	Partial lightning current
			1/200	100 – 75 – 50 – 50	100 – 75 – 50 – 50	Induction
			0,25/100	50 – 37,5 – 25 – 25	200 – 150 – 100 – 100	Induction
		H_o	Derived from the corresponding I_0			
2.	**Rated impulse voltage level of power installation** As defined for overvoltage category I to IV for nominal voltages 230/400 V and 277/480 V:					
	IEC 60664-1	U_W	Overvoltage category I to IV			6 kV – 4 kV – 2,5 kV – 1,5 kV
3.	**Withstand level of telecommunication equipment** ITU Recommendation K.20 [3], K.21 [4] and K.45 [5]					
4.	**Tests for equipment without suitable product standards** Withstand level of equipment as defined for conducted (U,I) lightning effects:					
	IEC 61000-4-5	U_{OC}	Impulse 1,2/50 μs			4 kV – 2 kV – 1 kV – 0,5 kV
		I_{SC}	Impulse 8/20 μs			2 kVA – 1 kVA – 0,5 kVA – 0,25 kA
5.	**Tests for equipment not complying with relevant EMC product standards** Withstand level of equipment as defined for radiated (H) lightning effects:					
	IEC 61000-4-9	H	Impulse 8/20 μs, (damped oscillation 25 kHz, T_P = 10 μs)			1 000 A/m – 300 A/m – 100 A/m
	IEC 61000-4-10	H	Damped oscillation 1 MHz, (impulse 0,2/0,5 μs, T_P = 0,25 μs)			100 A/m – 30 A/m – 10 A/m

The primary electromagnetic sources of harm to the electronic system are the lightning current I_0 and the magnetic field H_o. Partial lightning currents flow through the incoming services. These currents as well as the magnetic fields have approximately the same waveshape. The lightning current to be considered here consists of a first positive stroke I_F (typically with a long tail 10/350 μs waveshape) and first negative stroke I_{FN} (1/200 μs waveshape) and subsequent strokes I_S (0,25/100 μs waveshape). The current of the first positive stroke I_F generates the magnetic field H_F, the current of the first negative stroke I_{FN} generate the magnetic field H_{FN}, and the currents of the subsequent strokes I_S generate the magnetic fields H_S.

The magnetic induction effects are mainly caused by the rising front of the magnetic field. As shown in Figure A.2, the rising front of H_F can be characterized by a damped oscillating field of 25 kHz with maximum value $H_{F/MAX}$ and time to maximum value $T_{P/F}$ of 10 μs. In the same way, the rising front of H_S can be characterized by a damped oscillating field of 1 MHz with maximum value $H_{S/MAX}$ and time to maximum value $T_{P/S}$ of 0,25 μs. Similarly the rising front of H_{FN} can be characterized by a damped oscillating field of 250 kHz with maximum value $H_{FN/MAX}$ and time to maximum value $T_{P/FN}$ of 1 μs.

It follows that the magnetic field of the first positive stroke can be characterized by a typical frequency of 25 kHz, the magnetic field of the first negative stroke by a typical frequency of 250 kHz, and the magnetic field of the subsequent strokes by a typical frequency of 1 MHz. Damped oscillating magnetic fields of these frequencies are defined for test purposes in IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10.

By installing magnetic shields and SPDs at the interfaces of the LPZ, the effect of the unattenuated lightning defined by I_0 and H_0, should be reduced to or under the withstand level of the equipment. As shown in Figure A.1, the equipment should withstand the surrounding magnetic field H_2 and the conducted lightning currents I_2 and voltages U_2.

www.TeraStandard.com

The reduction of I_1 to I_2 and of U_1 to U_2 is the subject of Annex C, whereas the reduction of H_0 to a sufficiently low value of H_2 is considered here as follows:

In the case of a grid-like spatial shield, it may be assumed that the waveshape of the magnetic field inside the LPZs (H_1, H_2) is the same as the waveshape of the magnetic field outside (H_0).

The damped oscillating waveforms shown in Figure A.2 comply with the tests defined in IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10 and can be used to determine the equipment's withstand level to magnetic fields created by the rise of the magnetic field of the first positive stroke H_F and of the subsequent strokes H_S.

The induced surges caused by the magnetic field coupled into the induction loop (see Clause A.5), should be lower than, or equal to, the equipment's withstand level.

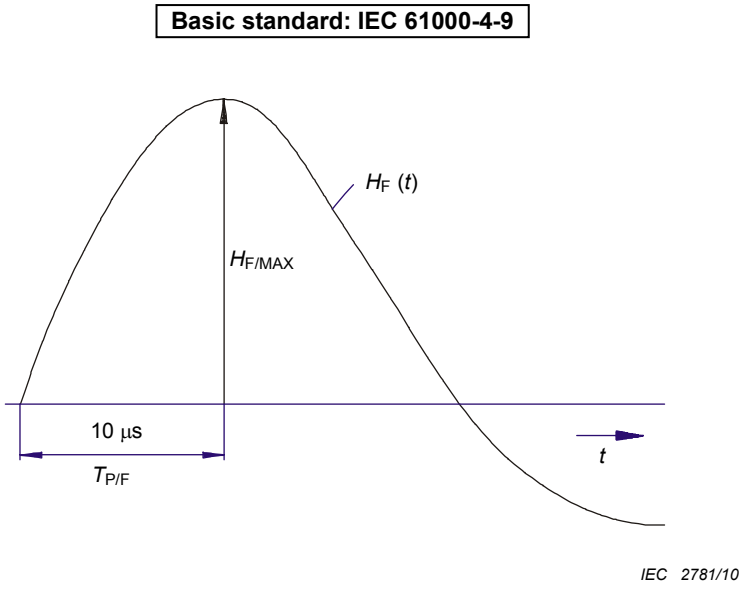


Figure A.2a – Simulation of the rise of the field of the first positive stroke (10/350 µs) by a single impulse 8/20 µs (damped 25 kHz oscillation)

www.TeraStandard.com

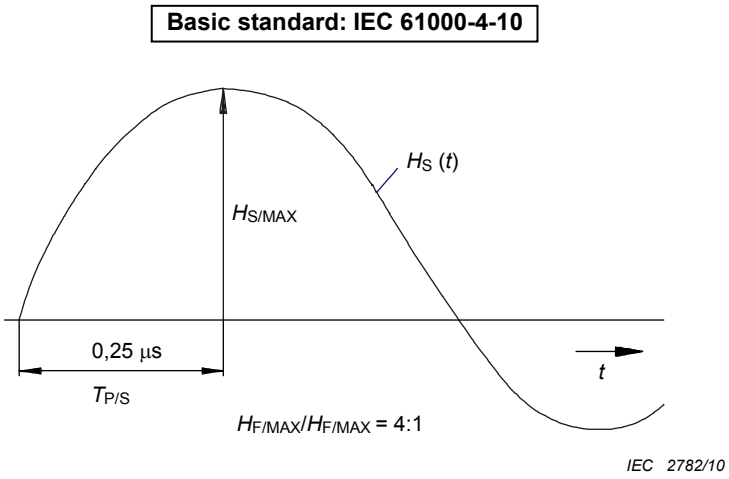


Figure A.2b – Simulation of the rise of the field of the subsequent stroke (0,25/100 µs) by damped 1MHz oscillations (multiple impulses 0,2/0,5 µs)

NOTE 1 Although the definitions of the time to the maximum value T_P and the front time T_1 are different, for a convenient approach, their numerical values are taken as equal here.

NOTE 2 The ratio of the maximum values $H_{F/MAX}$ / $H_{FN/MAX}$ / $H_{S/MAX}$ = 4: 2: 1

Figure A.2 – Simulation of the rise of magnetic field by damped oscillations

A.3.2 Grid-like spatial shields

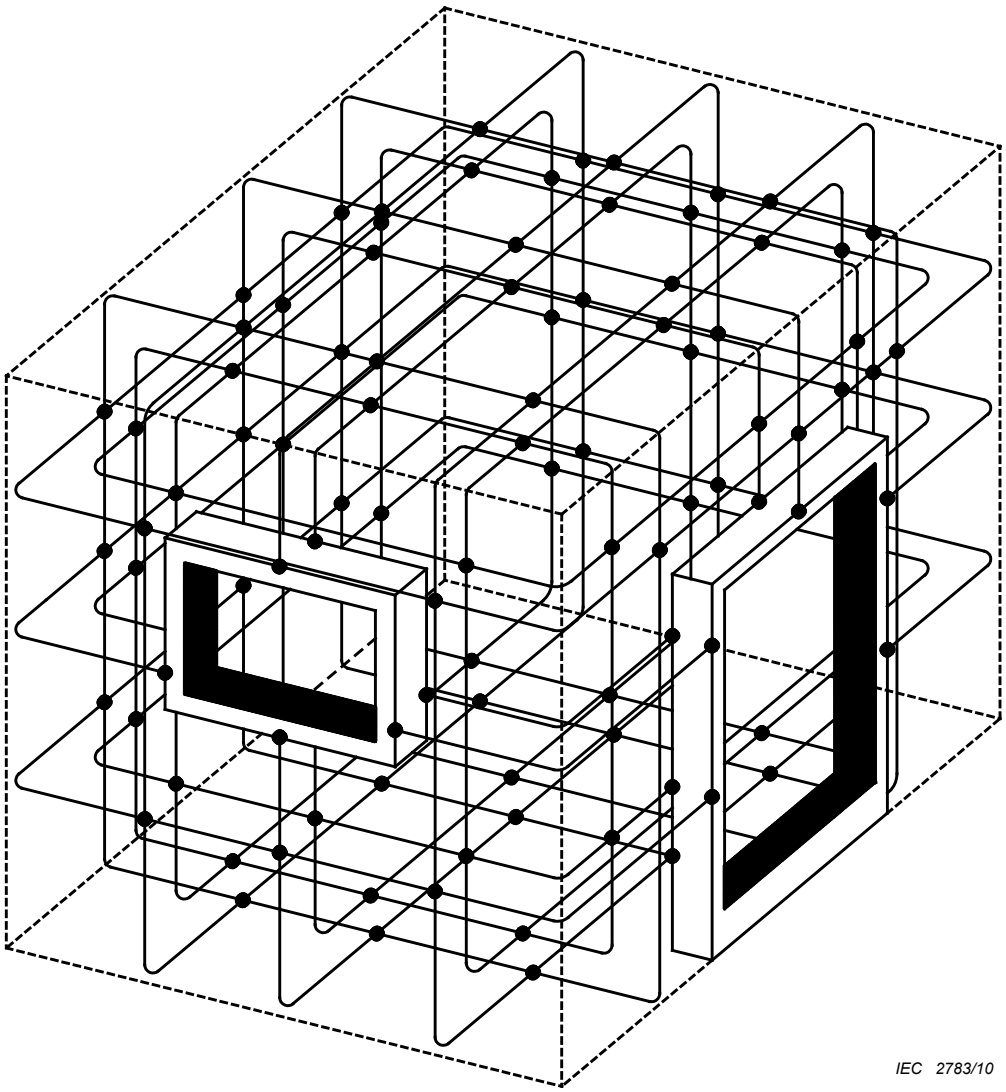
In practice, the large volume shields of LPZs are usually created by natural components of the structure such as the metal reinforcement in the ceilings, walls and floors, the metal framework, the metal roofs and metal facades. These components together create a grid-like spatial shield. Effective shielding requires that the mesh width be typically less than 5 m.

NOTE 1 The shielding effect may be neglected if an LPZ 1 is created by a normal external LPS in accordance with IEC 62305-3 with mesh widths and typical distances greater than 5 m. Otherwise, a large steel frame building with many structural steel stanchions provides a significant shielding effect.

NOTE 2 Shielding in subsequent inner LPZ can be accomplished either by adopting spatial shielding measures, by using closed metal racks or cabinets, or by using the metal enclosure of the equipment.

Figure A.3 shows how in practice the metal reinforcement in concrete and metal frames (for metal doors and possibly shielded windows) can be used to create a large volume shield for a room or building.

www.TeraStandard.com



Key

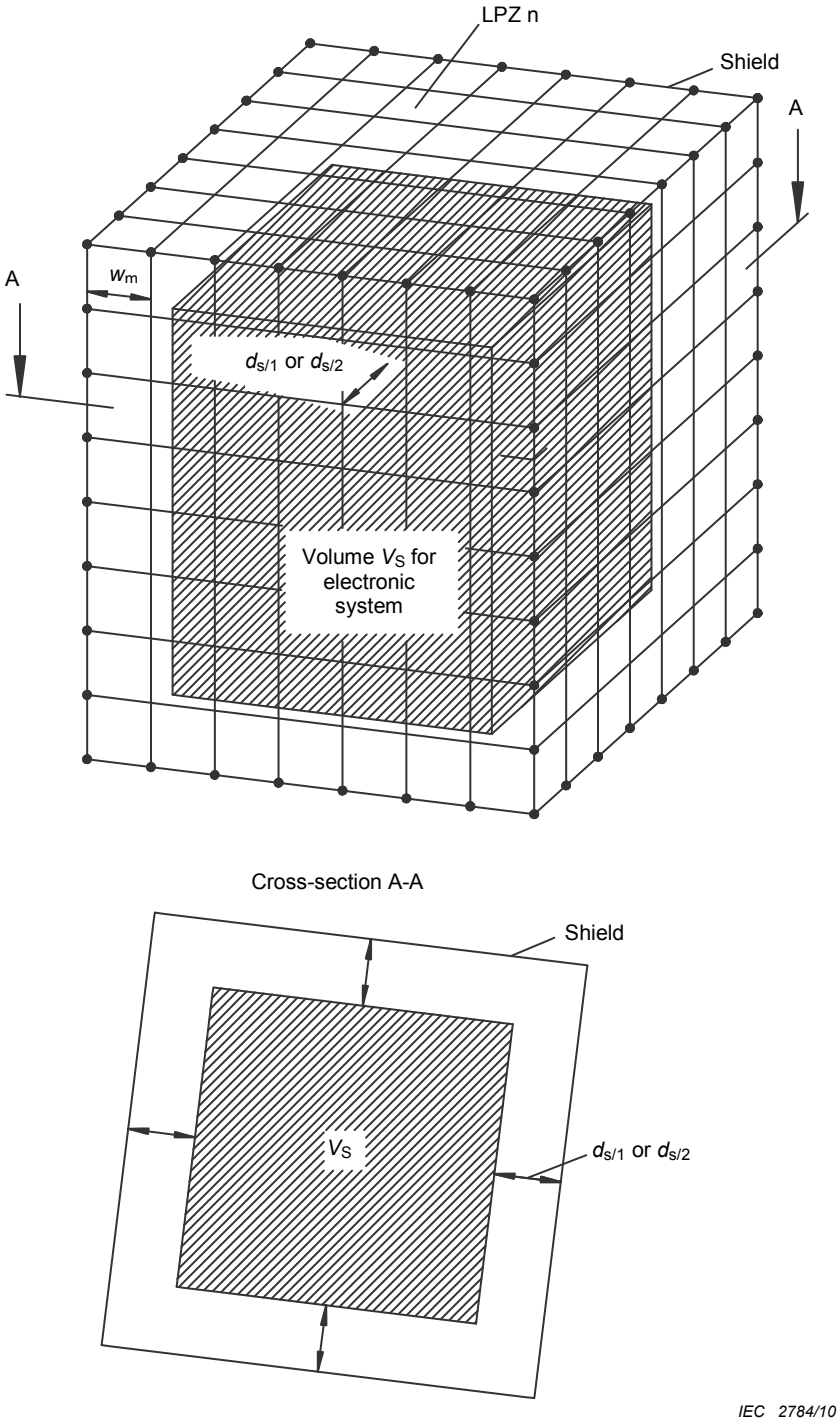
- welded or clamped at every rod and at the crossings

NOTE In practice, it is not possible for extended structures to be welded or clamped at every point. However, most of the points are naturally connected by direct contacts or by additional wiring. A practical approach therefore could be a connection at about every 1 m.

Figure A.3 – Large volume shield built by metal reinforcement and metal frames

Internal systems should be located inside a “safety volume” which respects a safety distance from the shield of the LPZ (see Figure A.4). This is because of the relatively high magnetic fields close to the shield, due to partial lightning currents flowing in the shield (particularly for LPZ 1).

www.TeraStandard.com



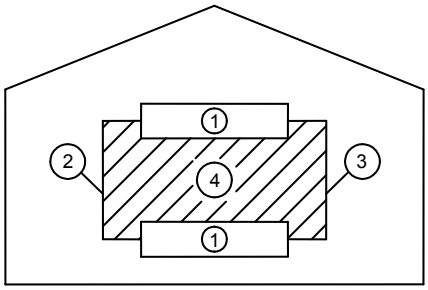
NOTE The volume V_S should keep a safety distance $d_{s/1}$ or $d_{s/2}$ from the shield of LPZ n – see Clause A.4.

Figure A.4 – Volume for electrical and electronic systems inside an inner LPZ n

A.3.3 Line routing and line shielding

Surges induced into the internal systems can be reduced by suitable line routing (minimizing the induction loop area) or by using shielded cables or metallic cable ducts (minimizing the induction effects inside), or a combination of both (see Figures A.5).

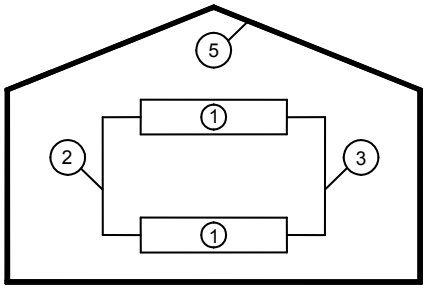
www.TeraStandard.com



IEC 2785/10

Key
1 equipment
2 signal wiring
3 power wiring
4 induction loop

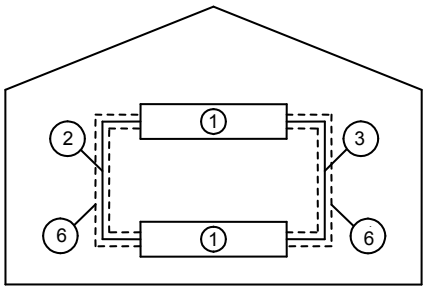
Figure A.5a – Unprotected system



IEC 2786/10

Key
1 equipment
2 signal wiring
3 power wiring
5 spatial shielding

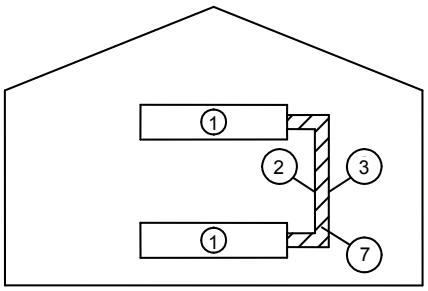
Figure A.5b – Reducing the magnetic field inside an inner LPZ by its spatial shield



IEC 2787/10

Key
1 equipment
2 signal wiring
3 power wiring
6 line shielding

Figure A.5c – Reducing the influence of the field on lines by line shielding



IEC 2788/10

Key
1 equipment
2 signal wiring
3 power wiring
7 reduced loop area

Figure A.5d – Reducing the induction loop area by suitable line routing

Figure A.5 – Reducing induction effects by line routing and shielding measures

www.TeraStandard.com

The conductive cables connected to internal systems should be routed as closely to the metal components of the bonding network as possible. It is beneficial to run these cables in metal enclosures of the bonding network, for example U-shaped conduits or metal trunking (see also IEC 61000-5-2 [6]).

Particular attention should be paid when installing cables close to the shield of an LPZ (especially LPZ 1) due to the substantial value of the magnetic fields at that location.

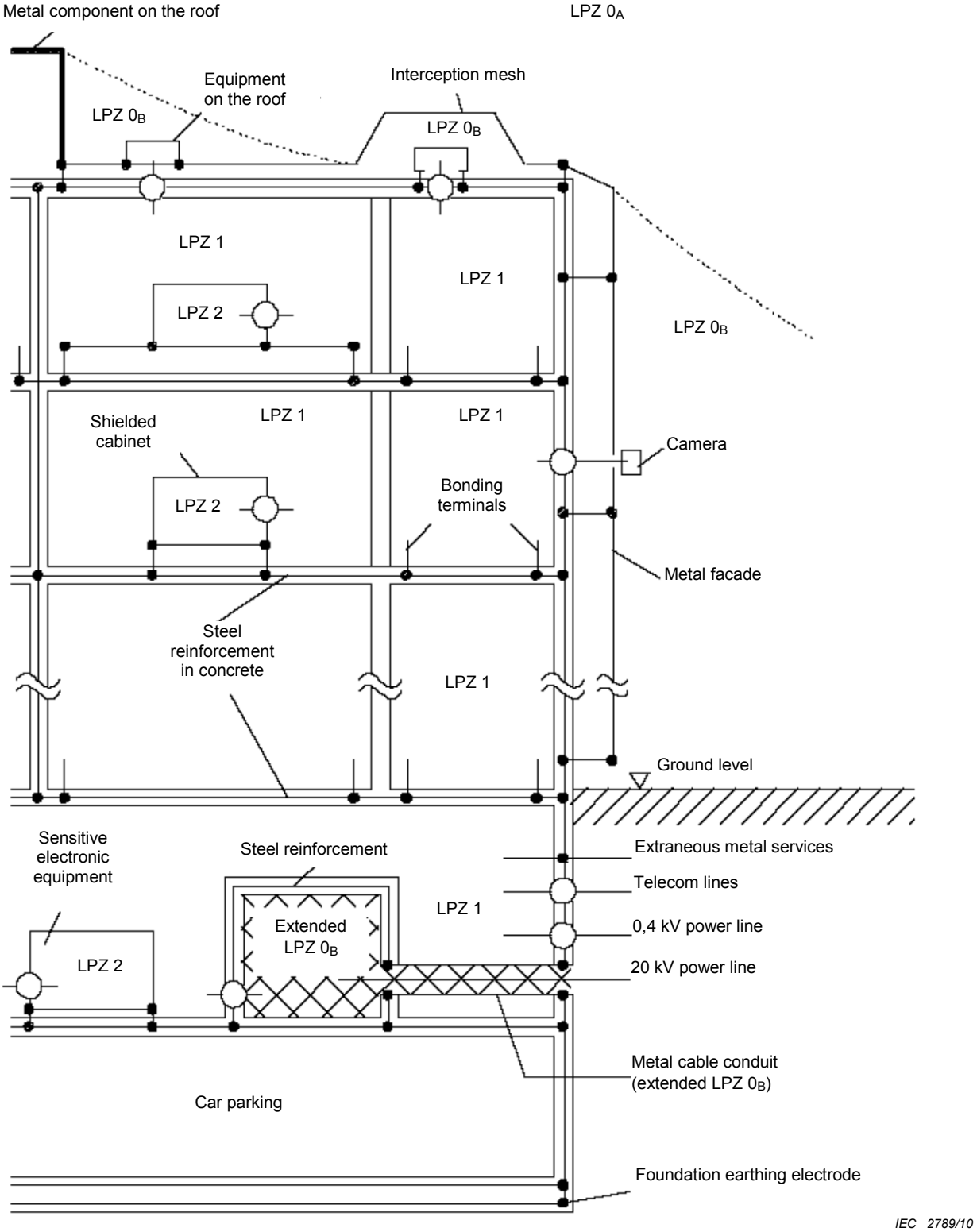
When cables, which run between separate structures, need to be protected, they should be run in metal cable ducts. These ducts should be bonded at both ends to the bonding bars of the separate structures. If the cable shields (bonded at both ends) are able to carry the anticipated partial lightning current, additional metal cable ducts are not required.

Voltages and currents induced into loops, formed by installations, result in common mode surges at the internal systems. Calculations of these induced voltages and currents are described in Clause A.5.

Figure A.6 provides an example of a large office building:

- Shielding is achieved by steel reinforcement and metal facades for LPZ 1, and by shielded enclosures for the sensitive internal systems in LPZ 2. To be able to install a narrow meshed bonding system, several bonding terminals are provided in each room.
- LPZ 0 is extended into LPZ 1 to house a power supply of 20 kV, because the installation of SPDs on the high voltage power side immediately at the entrance was not possible in this special case.

www.TeraStandard.com



Key

- equipotential bonding

O surge protective device (SPD)

Figure A.6 – Example of SPM for an office building

www.TeraStandard.com

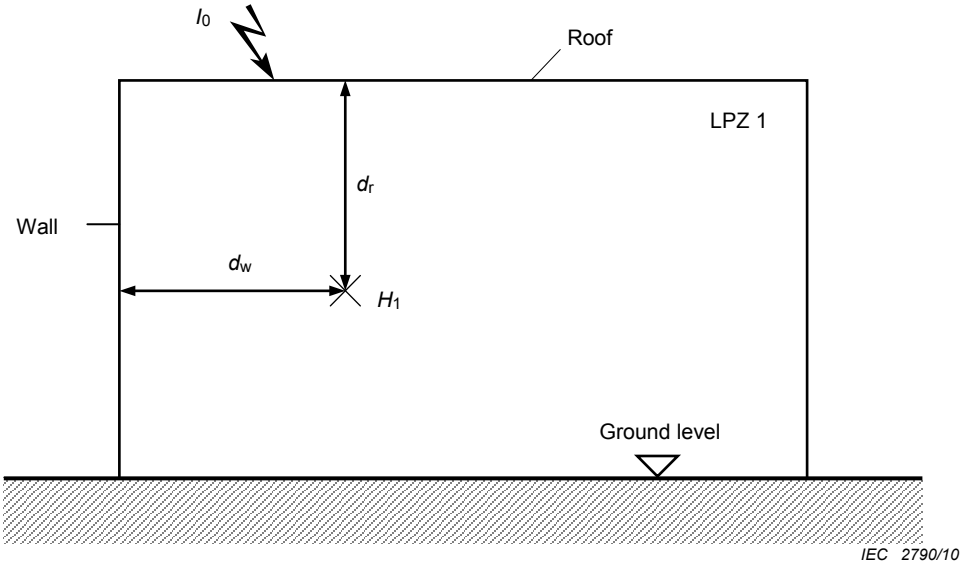
A.4 Magnetic field inside LPZ

A.4.1 Approximation for the magnetic field inside LPZ

If a theoretical (A.4.2), or experimental (A.4.3), investigation of the shielding effectiveness is not performed, the attenuation should be evaluated as follows.

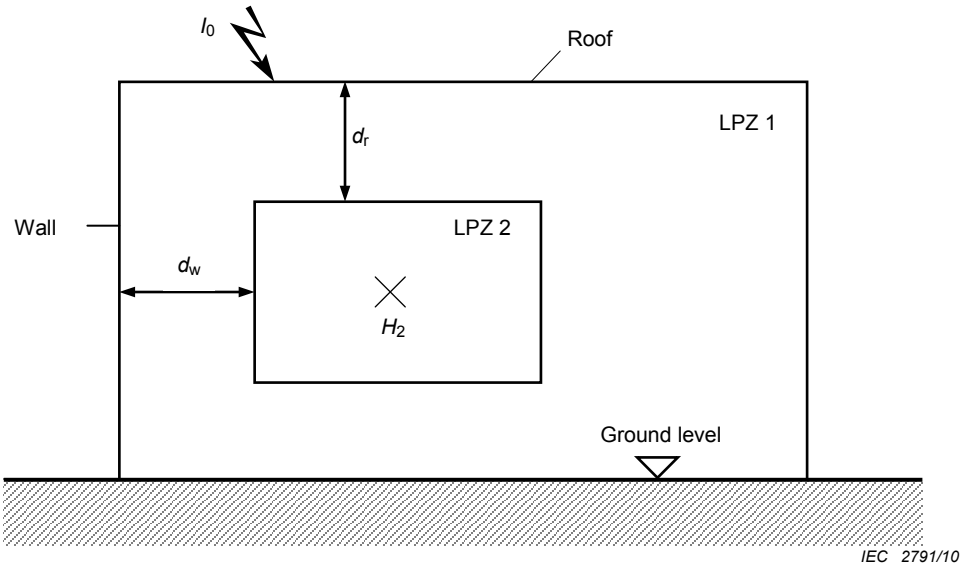
A.4.1.1 Grid-like spatial shield of LPZ 1 in the case of a direct lightning strike

The shield of a building (shield surrounding LPZ 1) can be part of the external LPS; currents due to direct lightning strikes will flow along it. This situation is depicted by Figure A.7a assuming that the lightning hits the structure at an arbitrary point of the roof.



NOTE Distances d_w and d_r are determined for the point considered.

Figure A.7a – Magnetic field inside LPZ 1



NOTE Distances d_w and d_r are determined for the boundary of LPZ 2.

Figure A.7b – Magnetic field inside LPZ 2

Figure A.7 – Evaluation of the magnetic field values in case of a direct lightning strike

www.TeraStandard.com

For the magnetic field strength H_1 at an arbitrary point inside LPZ 1, the following formula applies:

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \quad \text{(A/m)} \qquad \text{(A.1)}$$

where

d_r (m) is the shortest distance between the point considered and the roof of shielded LPZ 1;

d_w (m) is the shortest distance between the point considered to the wall of shielded LPZ 1;

I_0 (A) is the lightning current in LPZ 0_A;

k_h (1/√m) is the configuration factor, typically k_h = 0,01;

w_m (m) is the mesh width of the grid-like shield of LPZ 1.

The result of this formula is the maximum value of the magnetic field in LPZ 1 (taking the note below into account):

– $H_{1/F/MAX} = k_h \times I_{F/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) caused by the first positive stroke (A.2)

– $H_{1/FN/MAX} = k_h \times I_{FN/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) caused by the first negative stroke (A.3)

– $H_{1/S/MAX} = k_h \times I_{S/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) caused by the subsequent strokes (A.4)

where

$I_{F/MAX}$ (A) is the maximum value of the first positive stroke current in accordance with the protection level;

$I_{FN/MAX}$ (A) is the maximum value of the first negative stroke current in accordance with the protection level;

$I_{S/MAX}$ (A) is the maximum value of the subsequent stroke currents in accordance with the protection level.

NOTE 1 The field is reduced by a factor of 2, if a meshed bonding network in accordance with 5.2 is installed.

These values of the magnetic field are valid only for a safety volume V_S inside the grid-like shield with a safety distance $d_{s/1}$ from the shield (see Figure A.4):

$$d_s/1 = w_m \times SF / 10 \quad \text{(m) for } SF \geq 10 \qquad \text{(A.5)}$$

$$d_s/1 = w_m \quad \text{(m) for } SF < 10 \qquad \text{(A.6)}$$

where

SF (dB) is the shielding factor evaluated from the formulae of Table A.3;

w_m (m) is the mesh width of the grid-like shield.

NOTE 2 Experimental results of the magnetic field inside an LPZ 1 with a grid-like shield indicate that the increase of the magnetic field close to the shield is less than that resulting from the equations above.

EXAMPLE

As an example, three copper grid-like shields with dimensions given in Table A.2, and having an average mesh width of w_m = 2 m, are considered (see Figure A.10). This results in a safety distance $d_{s/1}$ = 2,0 m defining the safety volume V_S. The values for $H_{1/MAX}$ valid inside V_S are calculated for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and shown in Table A.2. The distance to the roof is half of the height: $d_r = H/2$. The distance to the wall is half of the length: $d_w = L/2$ (centre) or equal to: $d_w = d_{s/1}$ (worst case near the wall).

www.TeraStandard.com

Table A.2 – Examples for I_{0MAX} = 100 kA and w_m = 2 m

Type of shield see Figure A.10	***L* x *W* x *H*** m	$H_{1/MAX}$ **(centre)** A/m	$H_{1/MAX}$ **(d_w=$d_{s/1}$)** A/m
1	10 × 10 × 10	179	447
2	50 × 50 × 10	36	447
3	10 × 10 × 50	80	200

A.4.1.2 Grid-like spatial shield of LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike

The situation for a nearby lightning strike is shown in Figure A.8. The incident magnetic field around the shielded volume of LPZ 1 can be approximated as a plane wave.

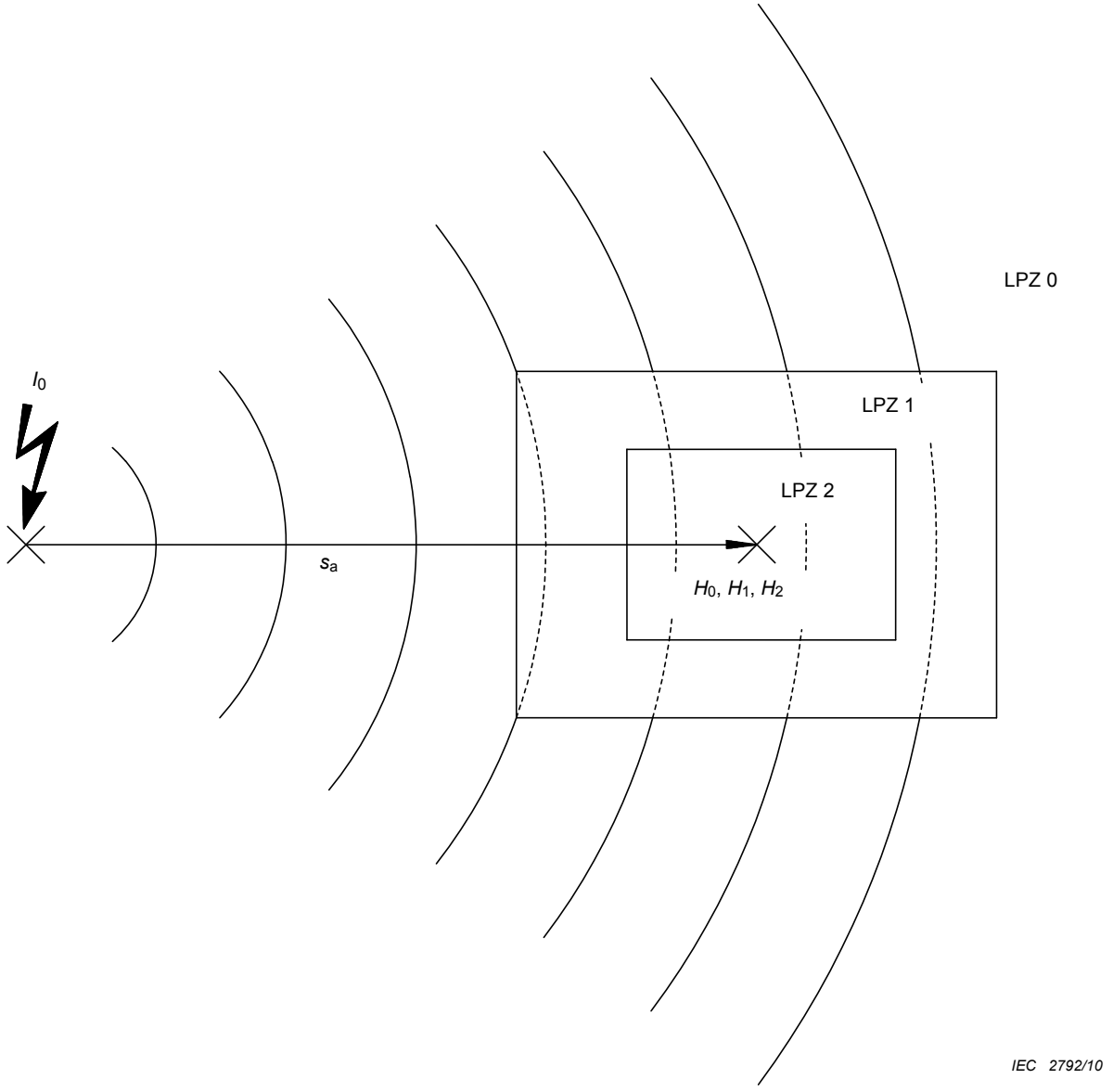


Figure A.8 – Evaluation of the magnetic field values in case of a nearby lightning strike

The shielding factor *SF* of the grid-like spatial shields for a plane wave is given in Table A.3 below.

www.TeraStandard.com

Table A.3 – Magnetic attenuation of grid-like spatial shields for a plane wave

Material	*SF* (dB) [a, b]	
	25 kHz (valid for the first positive stroke)	1 MHz (valid for subsequent strokes) or 250 kHz (valid for the first negative stroke
Copper or aluminium	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$
Steel [c]	$20 \times \log \left[(8{,}5 / w_m) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-6} / r_c^2} \right]$	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$

w_m mesh width of the grid-like shield (m).

r_c radius of a rod of the grid-like shield (m).

[a] *SF* = 0 in the case of negative results of the formulae.

[b] *SF* increases by 6 dB, if a meshed bonding network in accordance with 5.2 is installed.

[c] Permeability $\mu_r \approx 200$.

The incident magnetic field H_0 is calculated using:

$$H_0 = I_0 / (2 \times \pi \times s_a) \text{ (A/m)} \quad \text{(A.7)}$$

where

I_0 (A) is the lightning current in LPZ 0_A;

s_a (m) is the distance between the point of strike and the centre of the shielded volume.

From this, follows for the maximum value of the magnetic field in LPZ 0:

– $H_{0/F/MAX} = I_{F/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) caused by the first positive stroke (A.8)

– $H_{0/FN/MAX} = I_{FN/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) caused by the first negative stroke (A.9)

– $H_{0/S/MAX} = I_{S/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$ (A/m) caused by the subsequent strokes (A.10)

where

$I_{F/MAX}$ (A) is the maximum value of the lightning current of the first positive stroke in accordance with the chosen protection level;

$I_{FN/MAX}$ (A) is the maximum value of the lightning current of the first negative stroke in accordance with the chosen protection level;

$I_{S/MAX}$ (A) is the maximum value of the lightning current of the subsequent strokes in accordance with the chosen protection level.

The reduction of H_0 to H_1 inside LPZ 1 can be derived using the *SF* values given in Table A.3:

$$H_{1/MAX} = H_{0/MAX} / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad \text{(A.11)}$$

where

SF (dB) is the shielding factor evaluated from the formulae of Table A.3;

$H_{0/MAX}$ (A/m) is the magnetic field in LPZ 0.

From this follows for the maximum value of the magnetic field in LPZ 1:

– $H_{1/F/MAX} = H_{0/F/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) caused by the first positive stroke (A.12)

www.TeraStandard.com

– $H_{1/FN/MAX} = H_{0/FN/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) caused by the first negative stroke (A.13)

– $H_{1/S/MAX} = H_{0/S/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) caused by the subsequent strokes (A.14)

These magnetic field values are valid only for a safety volume V_S inside the grid-like shield with a safety distance $d_{s/2}$ from the shield (see Figure A.4).

– $d_{s/2} = w_m^{SF/10}$ (m) for $SF \geq 10$ (A.15)

– $d_{s/2} = w_m$ (m) for $SF < 10$ (A.16)

where

SF (dB) is the shielding factor evaluated from the formulae of Table A.3;

w_m (m) is the mesh width of the grid-like shield.

For additional information concerning the calculation of the magnetic field strength inside grid-like shields in case of nearby lightning strikes, see A.4.3.

EXAMPLES

The magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike depends on: the lightning current $I_{0/MAX}$, the shielding factor SF of the shield of LPZ 1 and the distance s_a between the lightning channel and the centre of LPZ 1 (see Figure A.8).

The lightning current $I_{0/MAX}$ depends on the LPL chosen (see IEC 62305-1). The shielding factor SF (see Table A.3) is mainly a function of the mesh width of the grid-like shield. The distance s_a is either:

- a given distance between the centre of LPZ 1 and an object nearby (e.g. a mast) in case of a lightning strike to this object; or
- the minimum distance between the centre of LPZ 1 and the lightning channel in case of a lightning strike to ground near LPZ 1.

The worst-case condition then is the highest current $I_{0/MAX}$ combined with the closest distance s_a possible. As shown in Figure A.9, this minimum distance s_a is a function of height H and length L (or width W) of the structure (LPZ 1), and of the rolling sphere radius, r, corresponding to $I_{0/MAX}$ (see Table A.4), defined from the electro-geometric model (see Clause A.4 of IEC 62305-1:2010).

www.TeraStandard.com

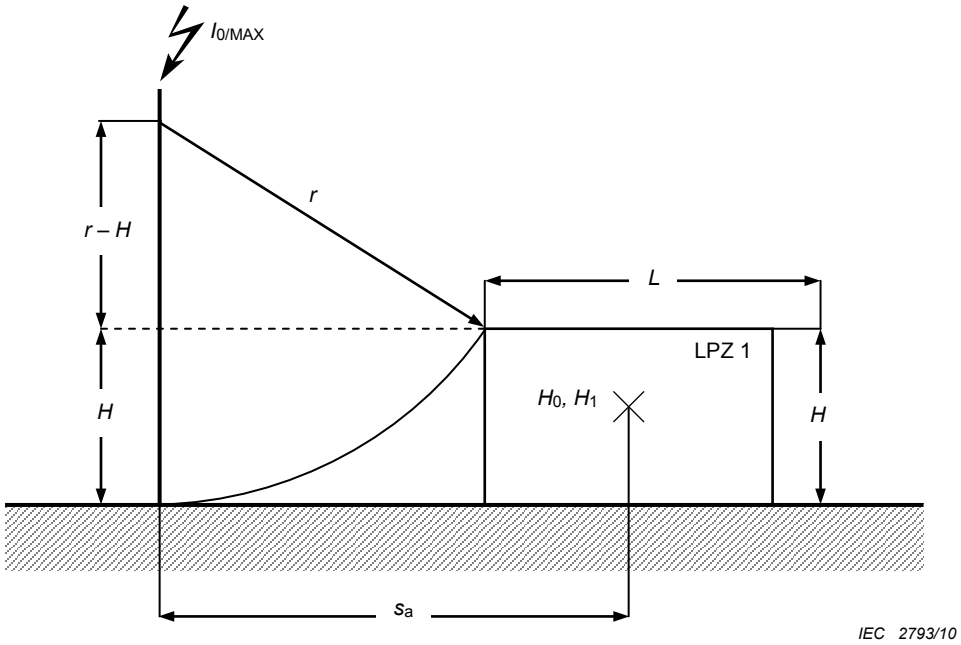


Figure A.9 – Distance s_a depending on rolling sphere radius and structure dimensions

The distance can be calculated as:

$$s_a = \sqrt{2 \times r \times H - H^2} + L/2 \qquad \text{for } H < r \tag{A.17}$$

$$s_a = r + L / 2 \qquad \text{for } H \geq r \tag{A.18}$$

NOTE For distances smaller than this minimum value the lightning strikes the structure directly.

Three typical shields may be defined, having the dimensions given in Table A.5. A grid-like shield of copper with an average mesh width of w_m = 2 m is assumed. This results in a shielding factor SF = 12,6 dB and in a safety distance $d_{s/2}$ = 2,5 m defining the safety volume V_S. The values for $H_{0/MAX}$ and $H_{1/MAX}$, which are assumed to be valid everywhere inside V_S, are calculated for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and shown in Table A.5.

Table A.4 – Rolling sphere radius corresponding to maximum lightning current

Protection level	Maximum lightning current $I_{0/MAX}$ kA	Rolling sphere radius, r m
I	200	313
II	150	260
III – IV	100	200

Table A.5 – Examples for $I_{0/MAX}$ = 100 kA and w_m = 2 m corresponding to SF = 12,6 dB

Type of shield see Figure A.10	L x W x H m	s_a m	$H_{0/MAX}$ A/m	$H_{1/MAX}$ A/m
1	10 × 10 × 10	67	236	56
2	50 × 50 × 10	87	182	43
3	10 × 10 × 50	137	116	27

www.TeraStandard.com

A.4.1.3 Grid-like spatial shields for LPZ 2 and higher

In the grid-like shields of LPZ 2, and higher, no significant partial lightning currents will flow. Therefore, as a first approach, the reduction of H_n to H_{n+1} inside LPZ n + 1 can be evaluated as given by A.4.1.2 for nearby lightning strikes:

$$H_{n+1} = H_n \ / \ 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \qquad \text{(A.19)}$$

where

SF (dB) is the shielding factor from Table A.3;

H_n (A/m) is the magnetic field inside LPZ n (A/m).

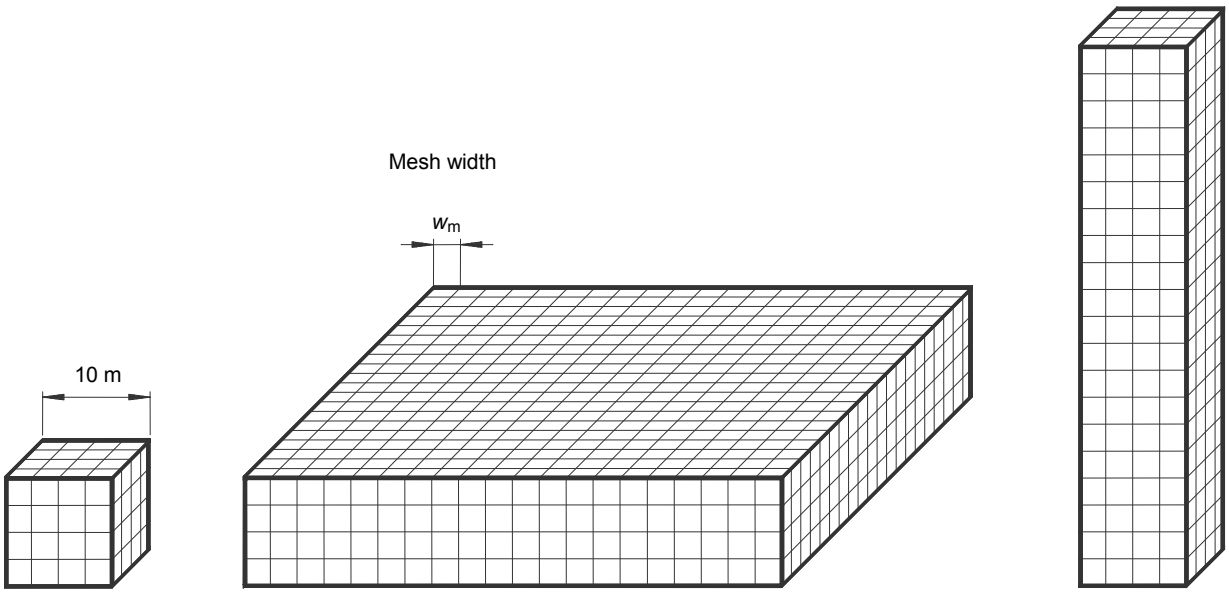
If $H_n = H_1$, this field strength can be evaluated as follows:

- In the case of lightning strikes direct to the grid-like shield of LPZ 1 see A.4.1.1 and Figure A.7b, while d_w and d_r are the distances between the shield of LPZ 2 and the wall respectively the roof.
- In the case of lightning strikes nearby LPZ 1 see A.4.1.2 and Figure A.8.

These magnetic field values are valid only for a safety volume V_S inside the grid-like shield with a safety distance $d_{s/2}$ from the shield (as defined in A.4.1.2 and shown in Figure A.4).

A.4.2 Theoretical evaluation of the magnetic field due to direct lightning strikes

In A.4.1.1, the formulae for the assessment of the magnetic field strength $H_{1/MAX}$ are based on numerical magnetic field calculations for three typical grid-like shields as shown in Figure A.10. For these calculations, a lightning strike to one of the edges of the roof is assumed. The lightning channel is simulated by a vertical conducting rod with a length of 100 m on top of the roof. An idealized conducting plate simulates the ground plane.



Type 1
(10 m × 10 m × 10 m)
(with mesh width 2 m)

Type 2
(50 m × 50 m × 10 m)

Type 3
(10 m × 10 m × 50 m)

IEC 2794/10

Figure A.10 – Types of grid-like large volume shields

In the calculation, the magnetic field coupling of every rod within the grid-like shield, including all other rods and the simulated lightning channel, is considered and results in a set of

www.TeraStandard.com

equations to calculate the lightning current distribution in the grid. From this current distribution, the magnetic field strength inside the shield is derived. It is assumed that the resistance of the rods can be neglected. Therefore, the current distribution in the grid-like shield and the magnetic field strength are independent of the frequency. Also, capacitive coupling is neglected to avoid transient effects.

For the case of a type 1 shield (see Figure A.10), some results are presented in Figures A.11 and A.12.

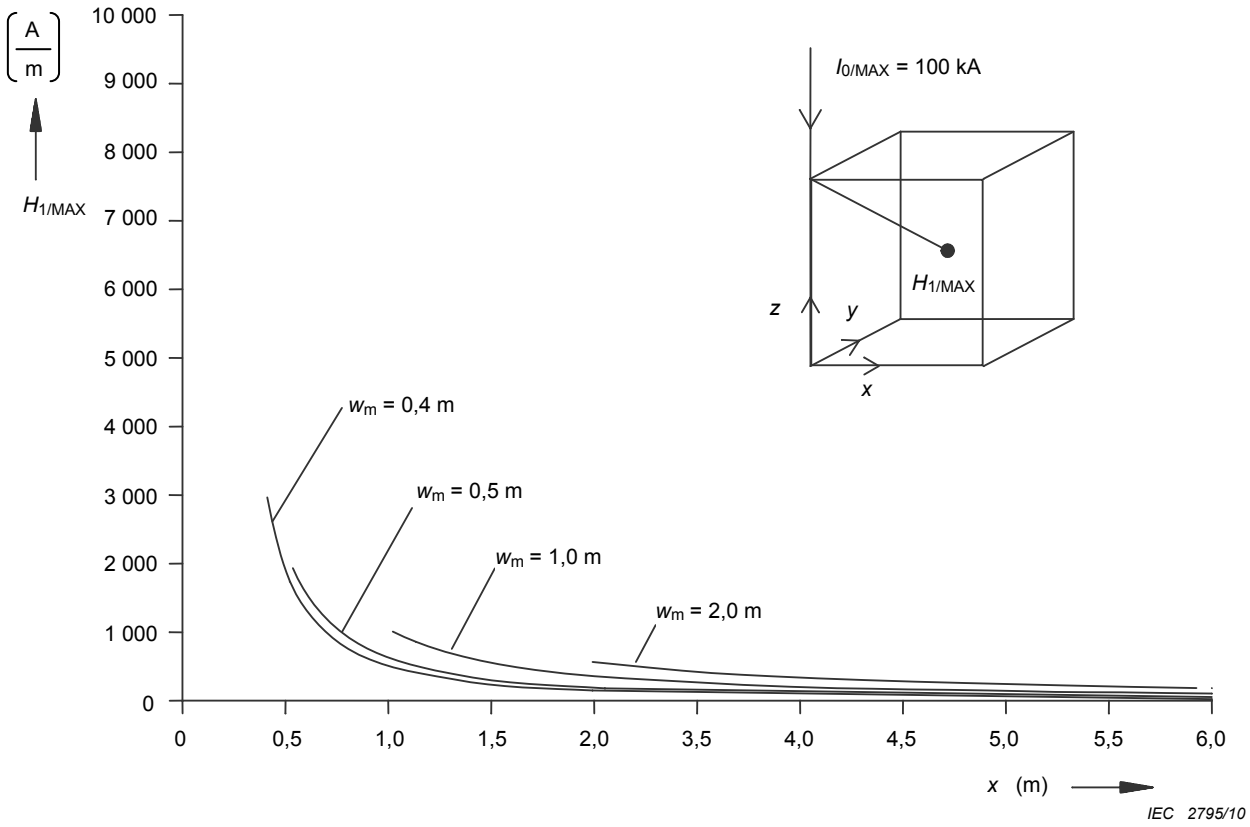


Figure A.11 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield type 1

www.TeraStandard.com

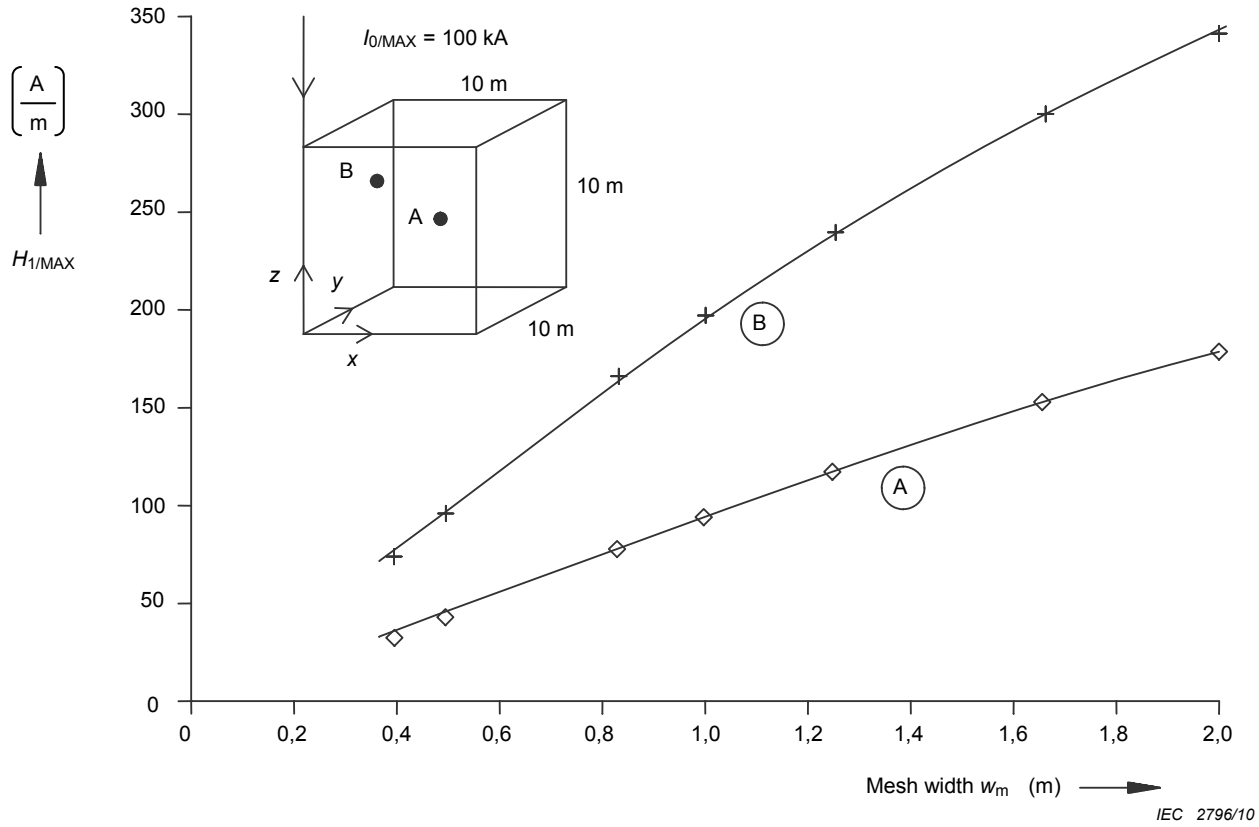


Figure A.12 – Magnetic field strength $H_{1/MAX}$ inside a grid-like shield type 1 according to mesh width

NOTE 1 Experimental results of the magnetic field inside an LPZ 1 with a grid-like shield indicate that the increase of the magnetic field close to the shield is less than that resulting from the equations above.

NOTE 2 The calculated results are valid only for distances $d_{s/1} > w_m$ to the grid-like shield.

In all cases, a maximum lightning current $I_{O/MAX}$ = 100 kA is assumed. In both Figure A.11 and Figure A.12, $H_{1/MAX}$ is the maximum magnetic field strength at a point, derived from its components H_x, H_y and Hz:

$$H_{1/MAX} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \tag{A.20}$$

In Figure A.11, $H_{1/MAX}$ is calculated along a straight line starting from the point of strike ($x = y = 0$, z = 10 m) and ending at the centre of the volume ($x = y$ = 5 m, z = 5 m). $H_{1/MAX}$ is plotted as a function of the x-coordinate for each point on this line, where the parameter is the mesh width w_m of the grid-like shield.

In Figure A.12, $H_{1/MAX}$ is calculated for two points inside the shield (point A: $x = y$ = 5 m, z = 5 m; point B: $x = y$ = 3 m, z = 7 m). The result is plotted as a function of the mesh width w_m.

Both figures show the effects of the main parameters governing the magnetic field distribution inside a grid-like shield: the distance from the wall or roof, and the mesh width.

In Figure A.11 it should be observed that along other lines through the volume of the shield, there may be zero-axis crossings and sign changes of the components of the magnetic field strength $H_{1/MAX}$. The formulae in A.4.1.1 are therefore first-order approximations of the real, and more complicated, magnetic field distribution inside a grid-like shield.

www.TeraStandard.com

A.4.3 Experimental evaluation of the magnetic field due to a direct lightning strike

The magnetic fields inside shielded structures can also be determined by taking experimental measurements. Figure A.13 shows a proposal for the simulation of a direct lightning strike to an arbitrary point of a shielded structure, using a lightning current generator. Such tests can be performed using a simulated lightning current source of lower current level but with the same representative waveshape as the actual lightning discharge.

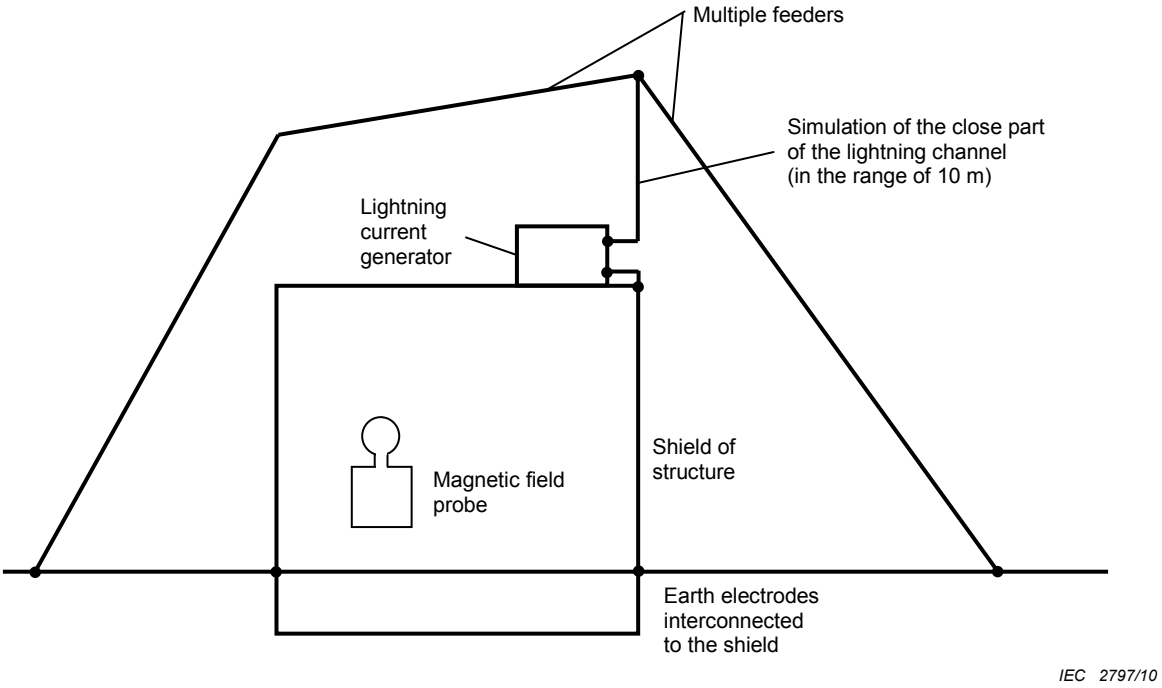
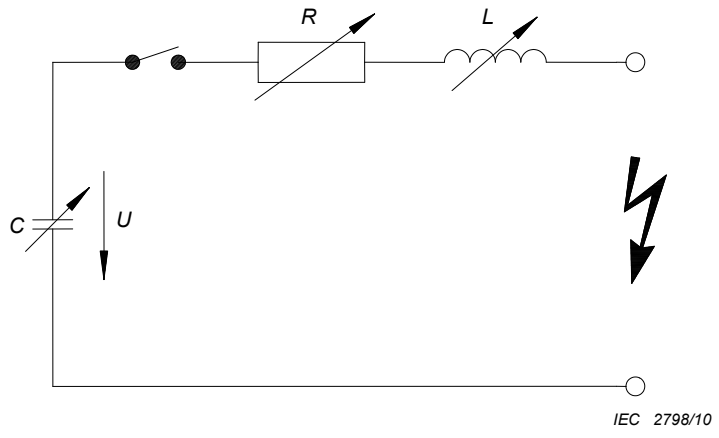


Figure A.13a – Test arrangement



Key

U typically some 10 kV

C typically some 10 nF

Figure A.13b – Lightning current generator

Figure A.13 – Low-level test to evaluate the magnetic field inside a shielded structure

www.TeraStandard.com

A.5 Calculation of induced voltages and currents

A.5.1 General

Only rectangular loops in accordance with Figure A.14 are considered. Loops with other shapes should be transformed into rectangular configurations having the same loop area.

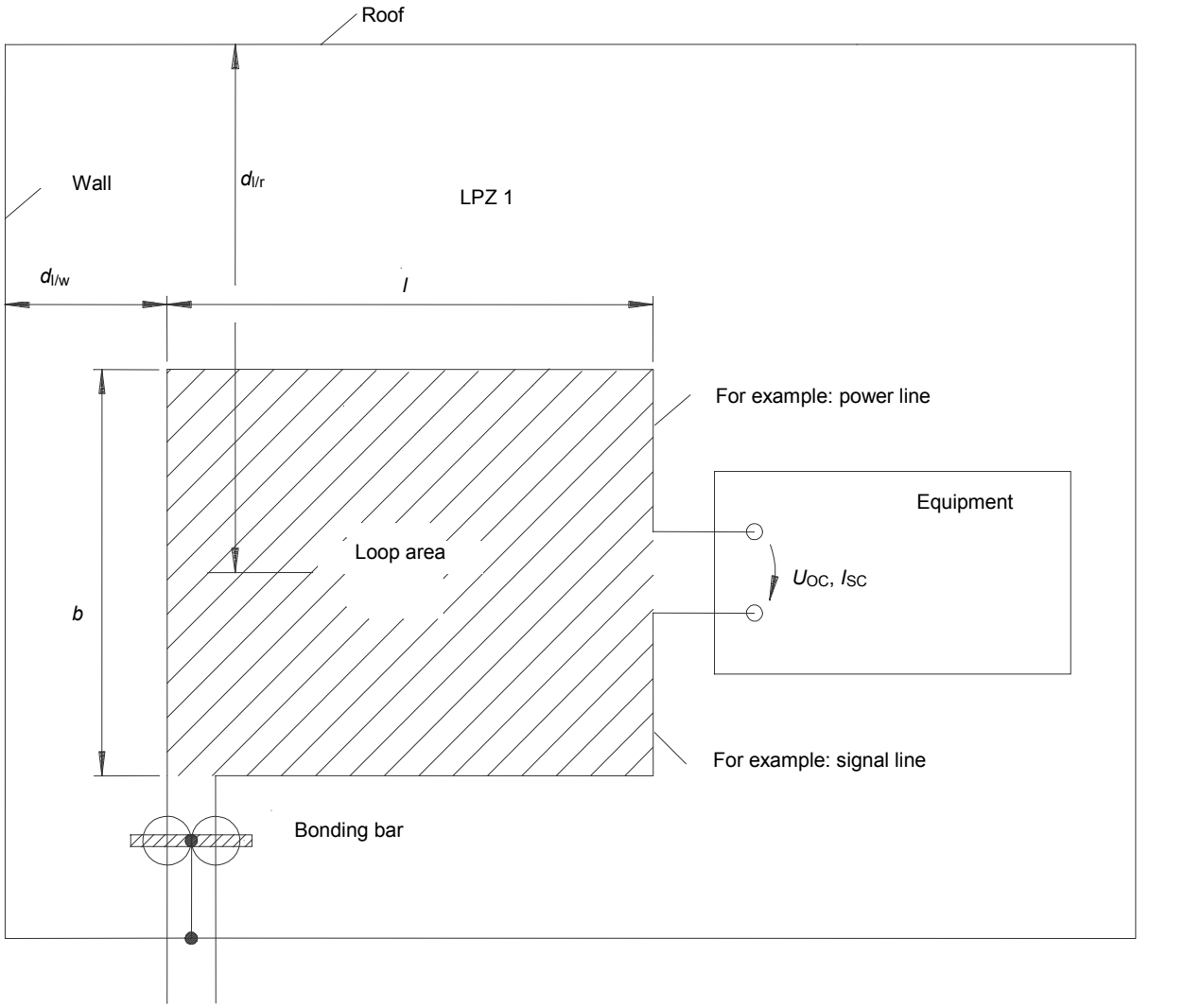


Figure A.14 – Voltages and currents induced into a loop formed by lines

A.5.2 Situation inside LPZ 1 in the case of a direct lightning strike

For the magnetic field H_1 inside the volume V_S of an LPZ 1, the following applies (see A.4.1.1):

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)} \quad \text{(A.21)}$$

The open circuit voltage U_{OC} is given by:

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times dI_0 /dt \text{ (V)} \quad \text{(A.22)}$$

The peak value $U_{OC/MAX}$ occurs during the front time T_1

www.TeraStandard.com

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{0/MAX} / T_1 \text{ (V)} \quad \text{(A.23)}$$

where

μ_o is equal to $4 \times \pi \times 10^{-7}$ (Vs)/(Am);
b (m) is the width of the loop;
$d_{l/w}$ (m) is the distance of the loop from the wall of the shield, where $d_{l/w} \geq d_{s/1}$;
$d_{l/r}$ (m) is the average distance of the loop from the roof of the shield;
I_0 (A) is the lightning current in LPZ 0_A;
$I_{0/MAX}$ (A) is the maximum value of the lightning current stroke in LPZ 0_A;
k_h (1/√m) is the configuration factor k_h = 0,01;
l (m) is the length of the loop;
T_1 (s) is the front time of the lightning current stroke in LPZ 0_A;
w_m (m) is the mesh width of the grid-like shield.

The short-circuit current I_{SC} is given by:

$$I_{SC} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_0 / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.24)}$$

where the ohmic resistance of the wire is neglected (worst case).

The maximum value $I_{SC/MAX}$ is given by:

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{0/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.25)}$$

where L_S (H) is the self-inductance of the loop.

For rectangular loops, the self-inductance L_S can be calculated from:

$$L_s = \{0{,}8 \times \sqrt{l^2 + b^2} - 0{,}8 \times (l + b) + 0{,}4 \times l \times \ln\left[(2b/r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (b/l)^2} \right) \right]$$

$$+ 0{,}4 \times b \times \ln\left[(2l/r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (l/b)^2} \right) \right] \} \times 10^{-6} \text{ (H)} \quad \text{(A.26)}$$

where r_c (m) is the radius of the loop conductor.

The voltage and current induced by the magnetic field of the first positive stroke (T_1 = 10 μs) is given by:

$$U_{OC/F/MAX} = 1{,}26 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{F/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.27)}$$

$$I_{SC/F/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{F/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.28)}$$

The voltage and current induced by the magnetic field of the first negative stroke (T_1 = 1 μs) is given by:

$$U_{OC/FN/MAX} = 12{,}6 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{FN/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.29)}$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{FN/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.30)}$$

www.TeraStandard.com

The voltage and current induced by the magnetic field of the subsequent strokes (T_1 = 0,25 μs) is given by:

$$U_{OC/S/MAX} = 50{,}4 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{S/MAX} \ (V) \quad (A.31)$$

$$I_{SC/S/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{S/MAX}/L_S \ (A) \quad (A.32)$$

where

$I_{F/MAX}$ (kA) is the maximum value of the current of the first positive stroke;

$I_{FN/MAX}$ (kA) is the maximum value of the current of the first negative stroke;

$I_{S/MAX}$ (kA) is the maximum value of the current of the subsequent strokes.

A.5.3 Situation inside LPZ 1 in the case of a nearby lightning strike

The magnetic field H_1 inside volume V_S of LPZ 1 is assumed to be homogeneous (see A.4.1.2).

The open circuit voltage U_{OC} is given by:

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times l \times dH_1 / dt \ (V) \quad (A.33)$$

The peak value $U_{OC/MAX}$ occurs during the front time T_1:

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / T_1 \ (V) \quad (A.34)$$

where

μ_o is equal to $4\pi\ 10^{-7}$ (Vs)/(Am);

b (m) is the width of the loop;

H_1 (A/m) is the time dependent magnetic field inside LPZ 1;

$H_{1/MAX}$ (A/m) is the maximum value of the magnetic field inside LPZ 1;

l (m) is the length of the loop;

T_1 (s) is the front time of the magnetic field, identical with the front time of the lightning current stroke.

The short circuit current I_{SC} is given by:

$$I_{SC} = \mu_o \times b \times l \times H_1 / L_S \ (A) \quad (A.35)$$

where the ohmic resistance of the wire is neglected (worst case).

The maximum value $I_{SC/MAX}$, is given by:

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / L_S \ (A) \quad (A.36)$$

where L_S (H) is the self-inductance of the loop (for the calculation of L_S see A.5.2).

The voltage and current induced by the magnetic field $H_{1/F}$ of the first positive stroke (T_1 = 10 μs) is given by:

$$U_{OC/F/MAX} = 0{,}126 \times b \times l \times H_{1/F/MAX} \ (V) \quad (A.37)$$

$$I_{SC/F/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/F/MAX} / L_S \ (A) \quad (A.38)$$

www.TeraStandard.com

The voltage and current induced by the magnetic field $H_{1/FN}$ of the first negative stroke (T_1 = 1 μs) is given by:

$$U_{OC/FN/MAX} = 1{,}26 \times b \times l \times H_{1/FN/MAX}\ (V) \quad (A.39)$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 1{,}26\ 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} / L_S\ (A) \quad (A.40)$$

The voltage and current induced by the magnetic field $H_{1/S}$ of the subsequent strokes (T_1 = 0,25 μs) are given by:

$$U_{OC/S/MAX} = 5{,}04 \times b \times l \times H_{1/S/MAX}\ (V) \quad (A.41)$$

$$I_{SC/S/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/S/MAX} / L_S\ (A) \quad (A.42)$$

where

$H_{1/F/MAX}$ (A/m) is the maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the first positive stroke;

$H_{1/FN/MAX}$ (A/m) is the maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the first negative stroke;

$H_{1/S/MAX}$ (A/m) is the maximum of the magnetic field inside LPZ 1 due to the subsequent strokes.

A.5.4 Situation inside LPZ 2 and higher

The magnetic field H_n inside LPZ n for $n \geq 2$ is assumed to be homogeneous (see A.4.1.3).

Therefore, the same formulae for the calculation of induced voltages and currents apply (A.4.1.2), where H_1 is substituted by H_n.

www.TeraStandard.com

Annex B
(informative)

Implementation of SPM for an existing structure

B.1 General

For equipment within existing structures it is not always possible to follow the SPM outlined in this standard. This annex attempts to describe the main points for consideration and provides information on protection measures which are not mandatory but may help to improve the overall protection provided.

B.2 Checklists

In existing structures, suitable protection measures need to take into account the given construction, conditions of the structure, and the existing electrical and electronic systems.

A set of checklists facilitates risk analysis and selection of the most suitable protection measures.

For existing structures in particular, a systematic layout should be established for the zoning concept and for earthing, bonding, line routing and shielding.

The checklists given in Tables B.1 to B.4 should be used to collect the required data of the existing structure and its installations. Based on these data, a risk assessment in accordance with IEC 62305-2 should be performed to determine the need for protection and, if so, to identify the most cost-effective protection measures to be used.

NOTE 1 For further information on protection against electromagnetic interference (EMI) in building installations, see IEC 60364-4-44 [1].

The data collected by means of the checklists are also useful in the design process.

Table B.1 – Structural characteristics and surroundings

Item	Question [a]
1	Masonry, bricks, wood, reinforced concrete, steel-framed structures, metal facade?
2	One single structure or interconnected blocks with expansion joints?
3	Flat and low or high-rise structures? (dimensions of the structure)
4	Reinforcing rods electrically connected throughout the structure?
5	Kind, type and quality of metallic roof material?
6	Metal facades bonded?
7	Metal frames of the windows bonded?
8	Size of the windows?
9	Structure equipped with an external LPS?
10	Type and quality of this LPS?
11	Material of ground (rock, soil)?
12	Height, distance and earthing of adjacent structures?
[a] For detailed information see IEC 62305-2.	

www.TeraStandard.com

Table B.2 – Installation characteristics

Item	Question [a]
1	Type of incoming services (underground or overhead)?
2	Type of aerials (antennas or other external devices)?
3	Type of power supply (high voltage, low voltage, overhead or underground)?
4	Line routing (number and location of risers, cable ducts)?
5	Use of metal cable ducts?
6	Are the equipments self-contained within the structure?
7	Metal conductors to other structures?
[a] For detailed information see IEC 62305-2.	

Table B.3 – Equipment characteristics

Item	Question [a,b]
1	Type of internal system interconnections (shielded or unshielded multicore cables, coaxial cable, analogue and/or digital, balanced or unbalanced, fibre optic cables)? [a]
2	Withstand level of the electronic system specified? [a, b]
[a] For detailed information see IEC 62305-2. [b] For detailed information see ITU-T K.21 [4], IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-9 and IEC 61000-4-10.	

Table B.4 – Other questions to be considered for the protection concept

Item	Question [a]
1	Configuration of power supply earthing - TN (TN-S, TN-C or TN-C-S), TT or IT?
2	Location of the equipment? [a]
3	Interconnections of functional earthing conductors of the internal system with the bonding network?
[a] For detailed information see Annex A.	

B.3 Design of SPM for an existing structure

The first step in the design process is to work through the checklist in accordance with Clause B.2 and to conduct the risk assessment.

If this analysis shows that SPM is required, then this should be implemented following the steps outlined in Figure B.1.

Assign suitable LPZs to all locations where equipment to be protected is located (see 4.3).

The basis of the SPM shall be an internal screening and bonding network. This network should have mesh widths not exceeding 5 m in any direction. If the lay-out of the structure does not permit this screening and bonding network, at least a ring conductor inside the outer wall of the structure on each floor should be installed. This ring conductor should be bonded to each down-conductor of the external LPS.

NOTE Retrofitting screening measures to an existing building is often impractical and uneconomic. Where this is the case, the use of SPDs provides an effective alternative.

www.TeraStandard.com

B.4 Design of basic protection measures for LPZ

B.4.1 Design of basic protection measures for LPZ 1

The protection measures should be based on the internal screening and bonding network or the ring conductor inside the outer wall, which is normally the boundary of LPZ 1. If the outer wall is not the boundary of LPZ 1 and an internal screening and bonding network is not possible, a ring conductor should be installed at the boundary of LPZ 1. The ring conductor has to be connected to the ring conductor of the outer wall at least at two locations as far apart as possible.

B.4.2 Design of basic protection measures for LPZ 2

The protection measures are based on the internal screening and bonding network or the ring conductor inside the outer wall. If an internal screening and bonding network is not possible, a ring conductor should be installed at the boundary of every LPZ 2. If an LPZ 2 is larger than 5 m × 5 m a subdivision has to be made creating meshes not exceeding 5 m × 5 m. The ring conductor has to be connected to the ring conductor of the surrounding LPZ 1 at two locations at least, and as far apart as possible.

B.4.3 Design of basic protection measures for LPZ 3

The protection measures are based on the internal screening and bonding network or the ring conductor inside the LPZ 2. If an internal screening and bonding network is not possible, a ring conductor should be installed at the boundary of every LPZ 3. If an LPZ 3 is larger than 5 m × 5 m, a subdivision has to be made creating meshes not exceeding 5 m × 5 m. The ring conductor has to be connected to the ring conductor of the surrounding LPZ 2 at two locations at least, and as far apart as possible.

B.5 Installation of a coordinated SPD system

A coordinated SPD system should be designed to protect the cables crossing borders of the different LPZs.

Designing additional measures will greatly improve the protection by bonding and SPD systems.

The design of cable trays, cable ladders and the like has to be improved to make them proper screens for the cables running in and/or over them.

If possible, additional measures such as screening of walls, floors, ceilings etc should be considered to provide additional protection to that already applied (see Clause 6).

Design measures to improve interconnections between the structure under consideration and other structures (see Clause B.11).

In the case where new internal systems are installed in a structure already equipped with protection measures, the design process should be repeated for the location of those internal systems.

The complete design process is illustrated in the flow chart (see Figure B.1).

www.TeraStandard.com

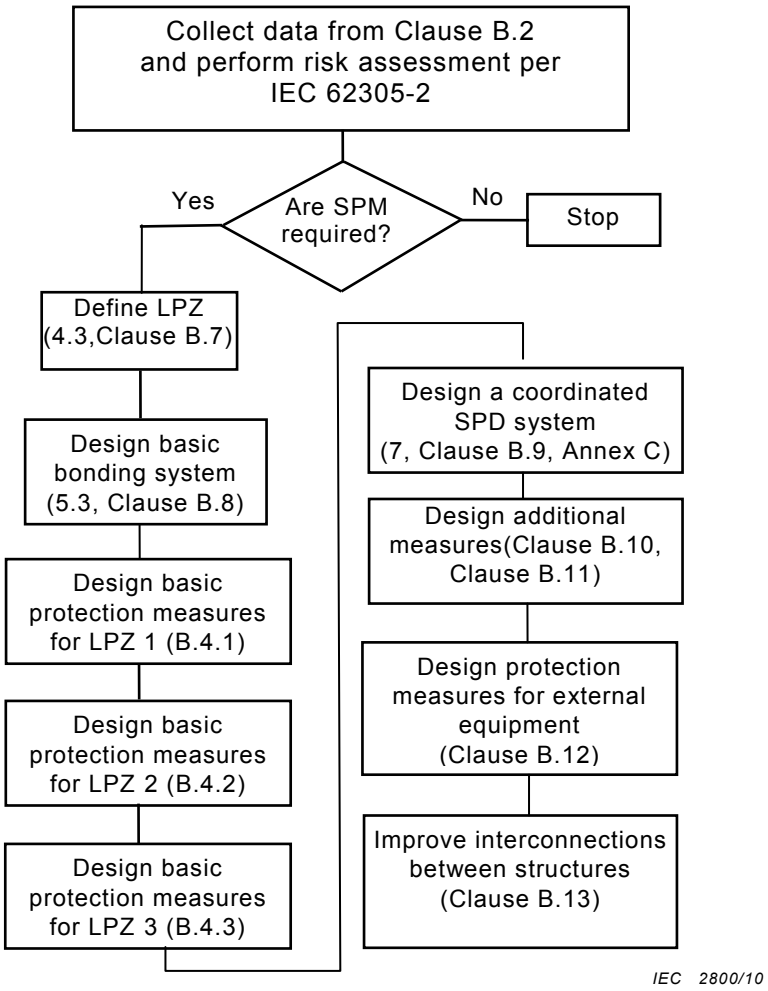


Figure B.1 – SPM design steps for an existing structure

B.6 Improvement of an existing LPS using spatial shielding of LPZ 1

An existing LPS (in accordance with IEC 62305-3) around LPZ 1 can be improved by

– integrating existing metal facades and metal roofs into the external LPS,
– using such structural reinforcing bars as are electrically continuous from the upper roof to the earth termination system,
– reducing the spacing of the down-conductors and reducing the mesh size of the air-termination system to typically below 5 m,
– installation of flexible bonding conductors across the expansion joints between adjacent, but structurally separated, reinforced blocks.

B.7 Establishment of LPZs for electrical and electronic systems

Depending on the number, type and sensitivity of the electrical and electronic systems, suitable inner LPZs are defined from small local zones (the enclosure of a single electronic equipment) up to large integral zones (the whole building volume).

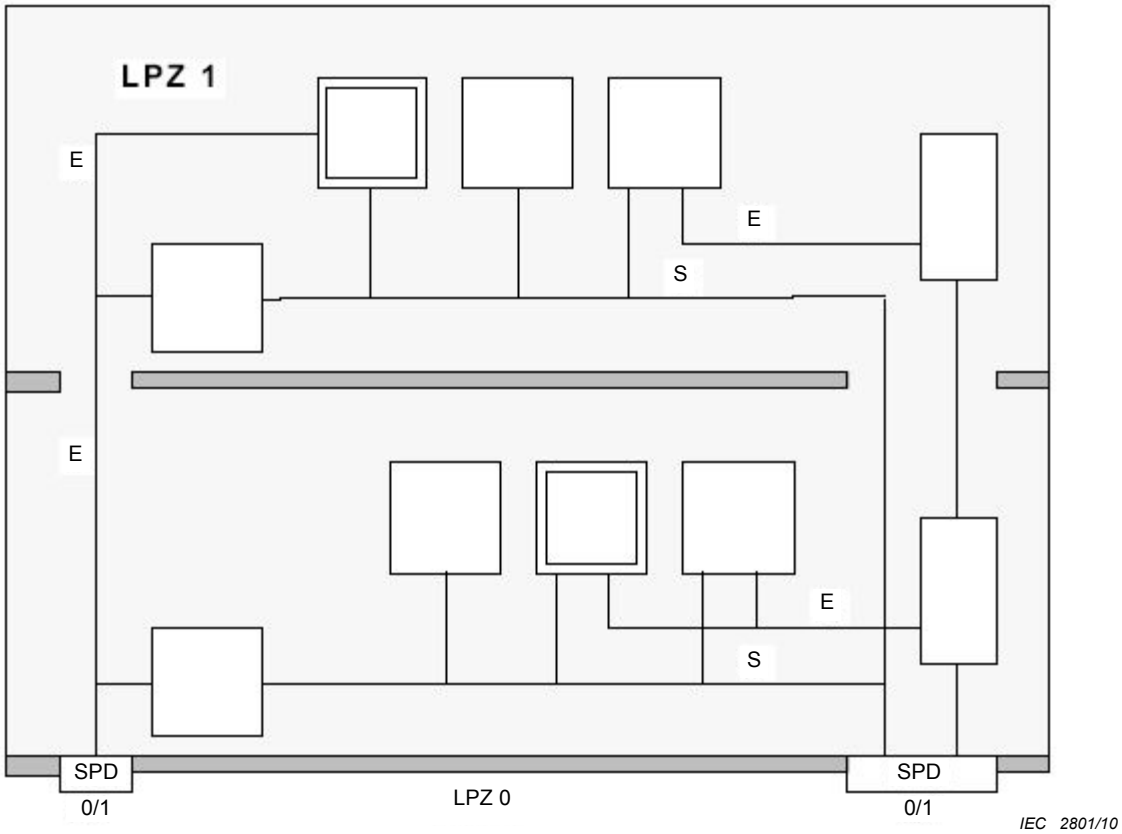
Figure B.2 shows typical LPZ layouts for the protection of internal systems providing different solutions suitable for existing structures in particular:

www.TeraStandard.com

Figure B.2a shows the installation of a single LPZ 1, creating a protected volume inside the whole structure, e.g. for enhanced withstand voltage levels of the internal systems:

– This LPZ 1 could be created using an LPS, in accordance with IEC 62305-3, that consists of an external LPS (air-termination, down-conductor and earth-termination system) and an internal LPS (lightning equipotential bonding and compliance with the separation distances).
– The external LPS protects LPZ 1 against lightning flashes to the structure, but the magnetic field inside LPZ 1 remains nearly unattenuated. This is because air-terminations and down-conductors have mesh widths and typical distances greater than 5 m, therefore the spatial shielding effect is negligible as explained above.
– The internal LPS requires bonding of all services entering the structure at the boundary of LPZ 1, including the installation of SPDs for all electrical and signal lines. This ensures that the conducted surges on the incoming services are limited at the entrance by SPDs.

NOTE Isolating interfaces can be useful inside LPZ 1 in order to avoid low-frequency interference.

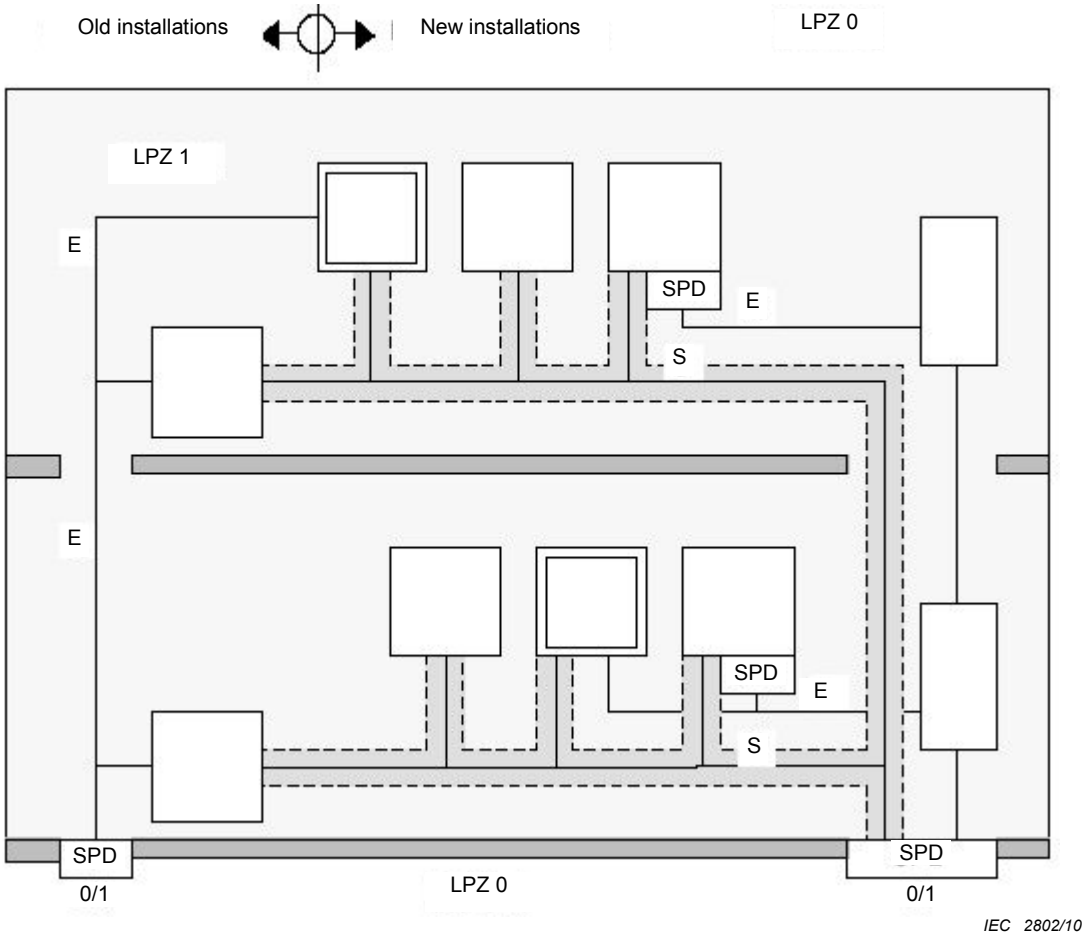


Key

E power lines
S signal lines

Figure B.2a – Unshielded LPZ 1 using LPS and SPDs at the entrance of the lines into the structure (e.g. for enhanced withstand voltage level of the systems or for small loops inside the structure)

www.TeraStandard.com

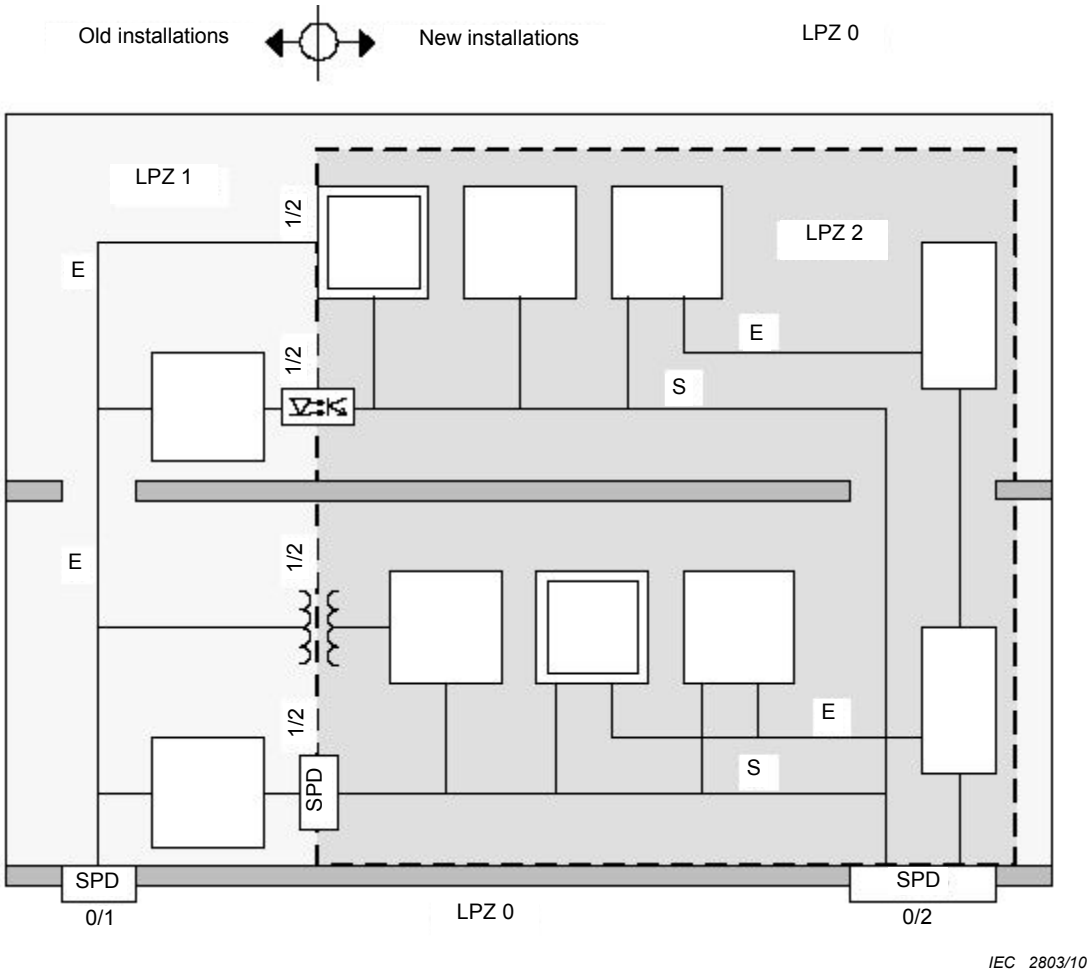


Key

E power lines
S signal lines

Figure B.2b – Unshielded LPZ 1 with protection for new internal systems using shielded signal lines and coordinated SPDs in power lines

www.TeraStandard.com

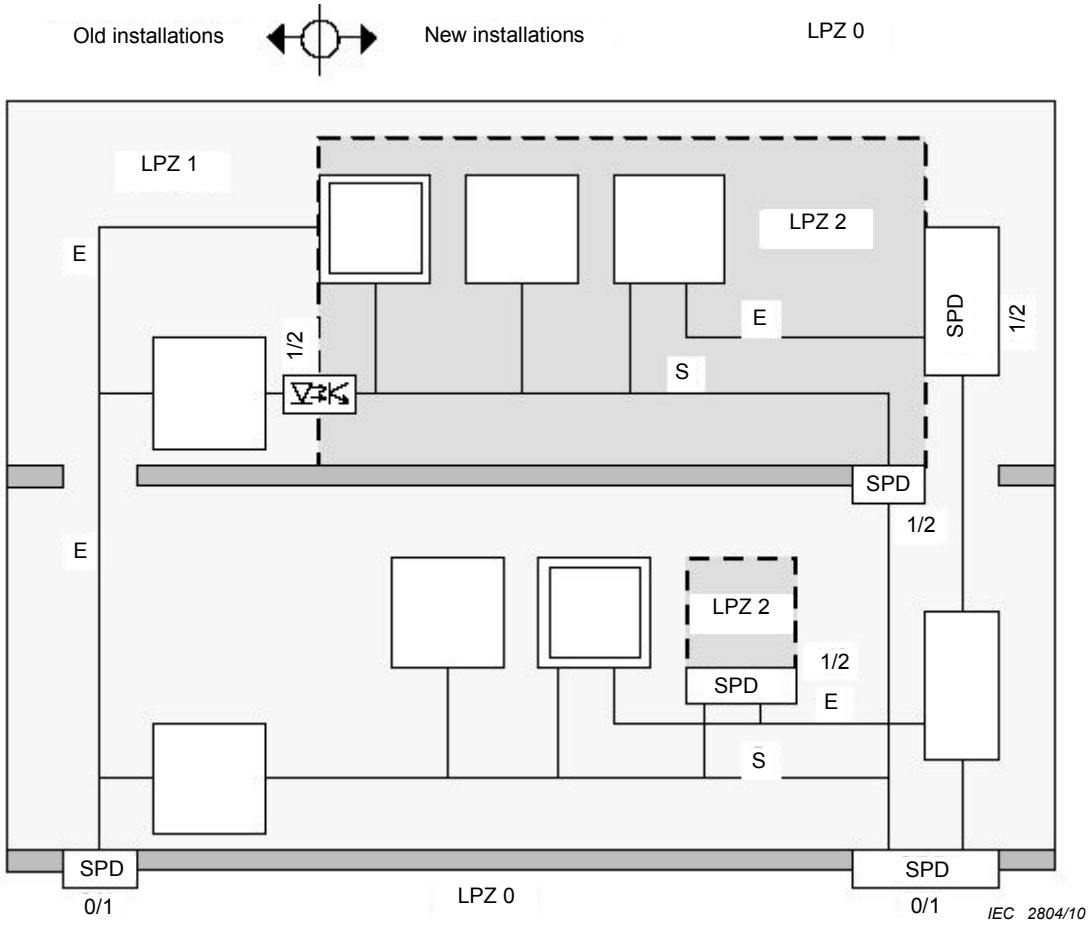


Key

E power lines
S signal lines

Figure B.2c – Unshielded LPZ 1 and large shielded LPZ 2 for new internal systems

www.TeraStandard.com



Key

E power lines
S signal lines

Figure B.2d – Unshielded LPZ 1 and two local LPZs 2 for new internal systems

Figure B.2 – Possibilities to establish LPZ in existing structures

Figure B.2b shows that in an unshielded LPZ 1, new equipment also needs to be protected against conducted surges. As an example, the signal lines can be protected using shielded cables and the power lines using a coordinated SPD system. This may require additional SPDs tested with I_N and SPDs tested with a combination wave, installed close to the equipment, and coordinated with the SPDs at the service entrance. It may also require additional Class II “double insulation” of the equipment.

Figure B.2c shows the installation of a large integral LPZ 2 inside of LPZ 1, to accommodate the new internal systems. The grid-like spatial shield of LPZ 2 provides a significant attenuation of the lightning magnetic field. On the left hand side, the SPDs installed at the boundary of LPZ 1 (transition of LPZs 0/1) and subsequently at the boundary of LPZ 2 (transition of LPZs 1/2), should be coordinated in accordance with IEC 61643-12. On the right hand side, the SPDs installed at the boundary of LPZ 1 should be selected for a direct transition of LPZs 0/2 (see C.3.5).

Figure B.2d shows the creation of two smaller LPZs (LPZs 2) inside LPZ 1. Additional SPDs for power as well as for signal lines at the boundary of each LPZ 2 should be installed. These SPDs should be coordinated with the SPDs at the boundary of LPZ 1 in accordance with IEC 61643-12.

www.TeraStandard.com

B.8 Protection using a bonding network

Existing power-frequency earthing systems might not provide a satisfactory equipotential plane for lightning currents with frequencies up to several MHz, because their impedance may be too high at these frequencies.

Even an LPS designed in accordance with IEC 62305-3, which allows mesh widths typically greater than 5 m, and which includes lightning equipotential bonding as a mandatory part of the internal LPS, might not be sufficient for sensitive internal systems. This is because the impedance of this bonding system may still be too high for this application.

A low impedance bonding network with typical mesh width of 5 m and below is strongly recommended.

In general the bonding network should not be used either as a power, or signal, return path. Therefore the PE conductor should be integrated into the bonding network, but the PEN conductor should not.

Direct bonding of a functional earthing conductor (e.g. a clean earth specific to an electronic system) to the low impedance bonding network is allowed, because in this case the interference coupling into electrical or signal lines will be very low. No direct bonding is allowed to the PEN conductor, or to other metal parts connected to it, so as to avoid power frequency interference in the electronic system.

B.9 Protection by surge protective devices

To limit conducted surges due to lightning on electrical lines, SPDs should be installed at the entry to any inner LPZ (see Figure B.2 and Figure B.8, No.3).

In buildings with uncoordinated SPDs, damage to the internal system may result if a downstream SPD, or an SPD within the equipment, prevents the proper operation of the SPD at the service entrance.

In order to maintain the effectiveness of the protection measures adopted, it is necessary to document the location of all installed SPDs.

B.10 Protection by isolating interfaces

Power-frequency interference currents through the equipment and its connected signal lines can be caused by large loops or the lack of a sufficiently low impedance bonding network. To prevent such interference (mainly in TN-C installations), a suitable separation between existing and new installations can be achieved using isolating interfaces, such as:

– class II insulated equipment (i.e. double insulation without a PE-conductor),
– isolation transformers,
– metal-free fibre optic cables,
– optical couplers.

NOTE Care should be taken that metal equipment enclosures do not have an unintended galvanic connection to the bonding network or to other metal parts, but that they are isolated. This is the situation in most cases, since electronic equipment installed in domestic rooms or offices is linked to the earth reference through connection cables only.

www.TeraStandard.com

B.11 Protection measures by line routing and shielding

Suitable line routing and shielding are effective measures to reduce induced overvoltages. These measures are especially important if the spatial shielding effectiveness of LPZ 1 is negligible. In this case, the following principles provide improved protection:

– minimizing the induction loop area;

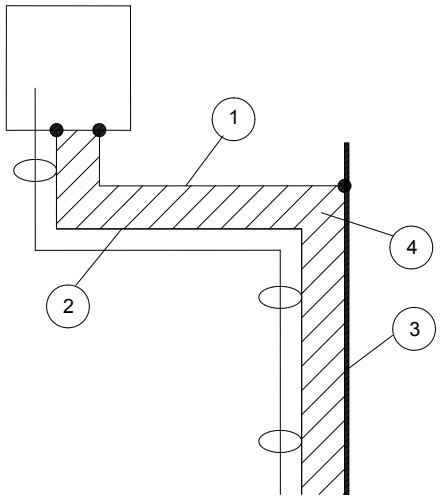
– powering new equipment from the existing mains should be avoided, because it creates a large enclosed induction loop area, which will significantly increase the risk of damage. Furthermore, routing electrical and signal lines adjacent to one another can avoid large loops (see Figure B.8, No. 8);

– using shielded cables – the shields of these signal lines should be bonded at least at either end;

– using metal cable ducts or bonded metal plates – the separate metal sections should be electrically well interconnected and the overall length bonded at either end. The connections should be performed by bolting the overlapping parts or by using bonding conductors. In order to keep the impedance of the cable duct low, multiple screws or strips should be distributed over the perimeter of the cable duct (see IEC 61000-5-2) [6].

Examples of good line routing and shielding techniques are given in Figures B.3 and B.4.

NOTE Where the distance between signal lines and electronic equipment within general areas (which are not specifically designated for electronic systems) is greater than 10 m, it is recommended to use balanced signal lines with suitable galvanic isolation ports, e.g. optical couplers, signal isolation transformers or isolation amplifiers. In addition, the use of tri-axial cables can be advantageous.



IEC 2805/10

Key

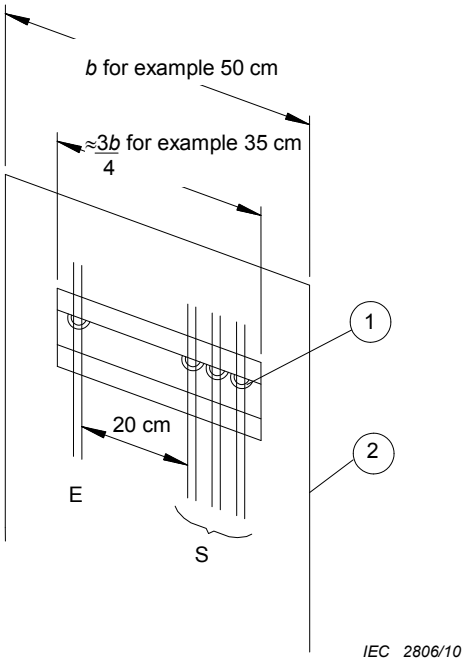
1 PE, only when class I equipment is used
2 optional cable shield needs to be bonded at both ends
3 metal plate as additional shield (see Figure B.4)
4 small loop area

NOTE Owing to the small loop area, the induced voltage between the cable shield and the metal plate is small.

Figure B.3 – Reduction of loop area using shielded cables close to a metal plate

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

www.TeraStandard.com



Key

1 cable fixing with or without bonding of cable shields to the plate
2 at the edges, the magnetic field is higher than in the middle of the plate
E electrical lines
S signal lines

Figure B.4 – Example of a metal plate for additional shielding

B.12 Protection measures for externally installed equipment

B.12.1 General

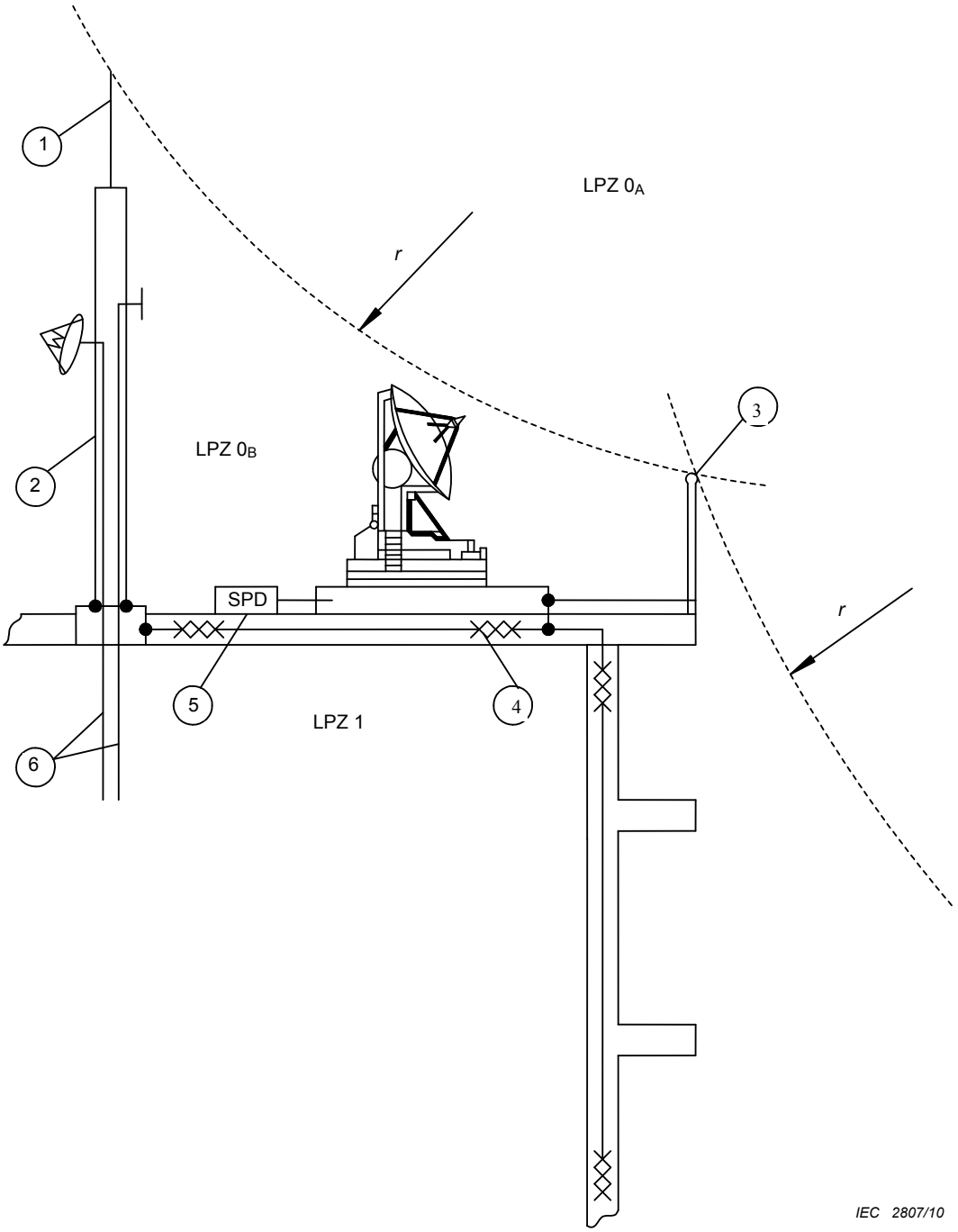
Examples of externally installed equipment include: sensors of any kind including aerials; meteorological sensors; surveillance TV cameras; exposed sensors on process plants (pressure, temperature, flow rate, valve position, etc.) and any other electrical, electronic or radio equipment in external positions on structures, masts and process vessels.

B.12.2 Protection of external equipment

Wherever possible, the equipment should be brought under the protective zone LPZ 0_B using for example a local air terminal to protect it against direct lightning flashes (see Figure B.5).

On tall structures the rolling sphere method (see IEC 62305-3) should be applied, to determine if the equipments installed on the top or sides of the building are possibly subject to a direct flash. If this is the case, additional air-terminations should be used. In many cases, handrails, ladders, pipes, etc. can adequately perform the function of an air-termination. All equipment, except some types of aerials, can be protected in this manner. Aerials sometimes have to be placed in exposed positions to avoid their performance being adversely affected by nearby lightning conductors. Some aerial designs are inherently self-protecting because only well-earthed conductive elements are exposed to a lightning flash. Others might require SPDs to be installed on their feeder cables to prevent excessive transients from flowing down the cable to the receiver or the transmitter. When an external LPS is available the aerial supports should be bonded to it.

www.TeraStandard.com



Key

1 lightning rod
2 steel mast with antennas
3 handrails
4 interconnected reinforcement
5 line coming from LPZ 0_B needs an SPD at entry
6 lines coming from LPZ 1 (inside the mast) may not need SPDs at entry
r radius of the rolling sphere

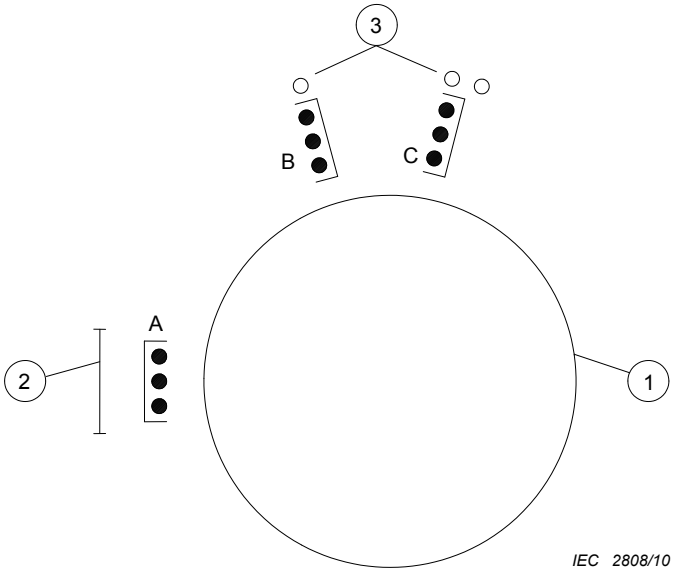
Figure B.5 – Protection of aerials and other external equipment

B.12.3 Reduction of overvoltages in cables

High induced voltages and currents can be prevented by running cables in bonded ducting, trunking or metal tubes. All cables leading to the specific equipment should leave the cable duct at a single point. Where possible, the inherent shielding properties of the structure itself should be used to maximum advantage by running all cables together within the tubular components of the structure. Where this is not possible, as in the case of process vessels, cables should run on the outside but close to the structure and make as much use as possible

www.TeraStandard.com

of the natural shielding provided by metal pipes, steel rung ladders and any other well bonded conducting materials (see Figure B.6). On masts which use L-shaped corner members, cables should be placed in the inside corner of the L for maximum protection (see Figure B.7).

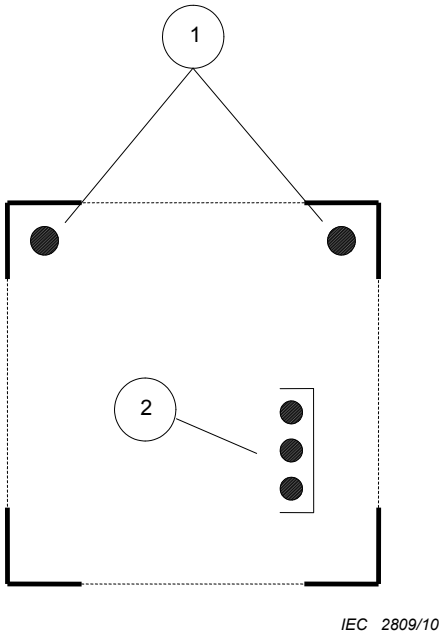


Key

1 process vessel
2 rung ladder
3 pipes

NOTE A, B, C are good alternatives for cable tray positioning.

Figure B.6 – Inherent shielding provided by bonded ladders and pipes



Key

1 ideal positions for cables in corners of L-girders
2 alternative position for bonded cable tray within the mast

Figure B.7 – Ideal positions for lines on a mast (cross-section of steel lattice mast)

www.TeraStandard.com

B.13 Improving interconnections between structures

B.13.1 General

Lines interconnecting separate structures are either

– isolating (metal-free fibre optic cables), or

– metallic (e.g. wire pairs, multicores, waveguides, coaxial cables or fibre optic cables with continuous metal components).

Protection requirements depend on the type of the line, the number of lines and whether the earth-termination systems of the structures are interconnected.

B.13.2 Isolating lines

If metal-free fibre optic cables (i.e. without metal armouring, moisture barrier foil or steel internal draw wire) are used to interconnect separate structures, no protection measures for these cables are needed.

B.13.3 Metallic lines

Without proper interconnection between the earth-termination systems of separate structures, the interconnecting lines form a low impedance route for the lightning current. This may result in a substantial portion of the lightning current flowing along these interconnecting lines. In this case:

– the required bonding, directly or via an SPD, at the entries to both LPZs 1 will protect only the equipment inside, whereas the lines outside remain unprotected;

– the lines might be protected by installing an additional bonding conductor in parallel. The lightning current will then be shared between the lines and this bonding conductor;

– it is recommended that the lines be run in closed and interconnected metal cable ducts. In this case, the lines as well as the equipment are protected.

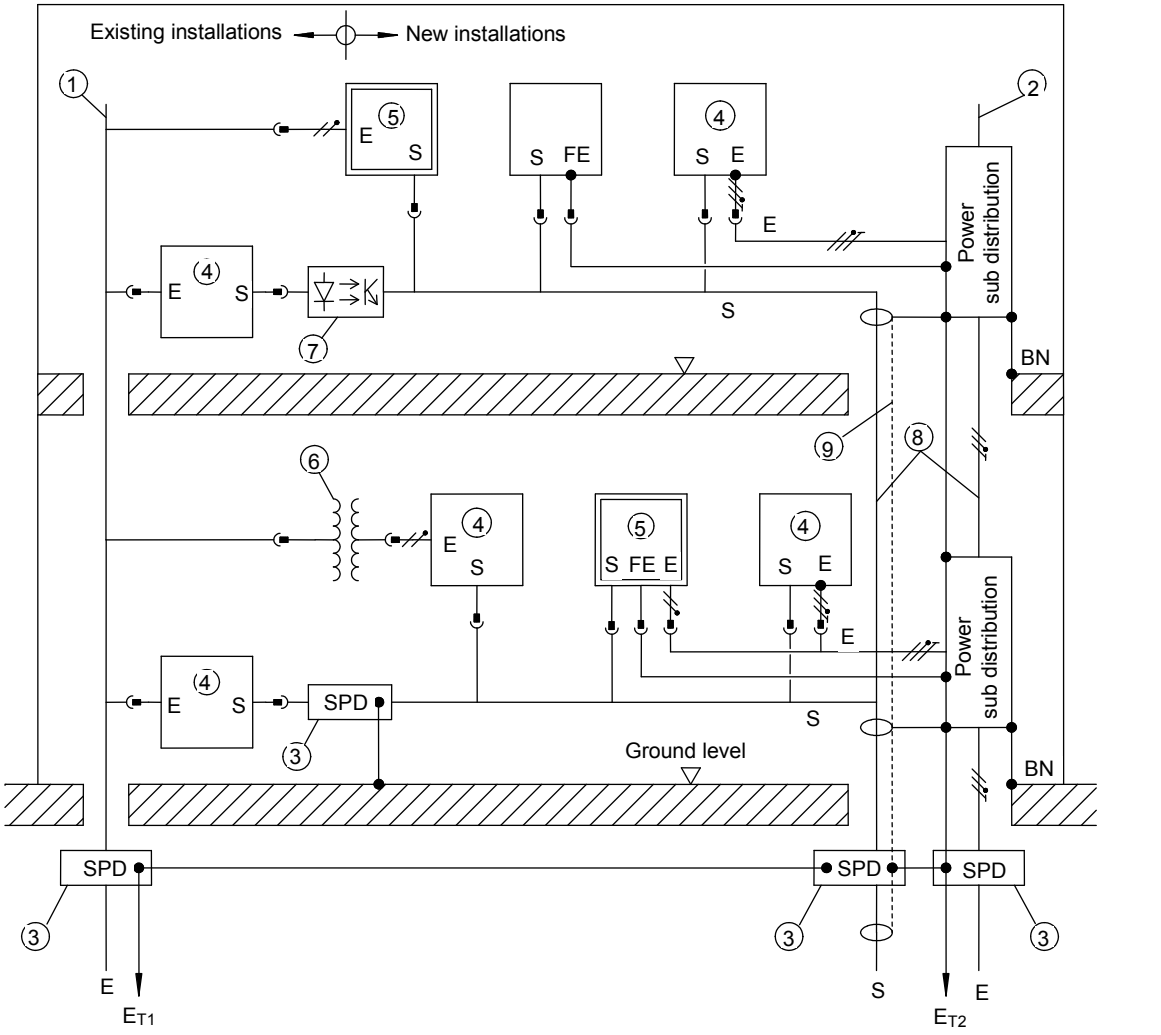
Where proper interconnection between the earth-termination systems of separate structures is implemented, the protection of lines by interconnected metal ducts is still recommended. Where many cables are run between interconnected structures, the shields or the armouring of these cables, bonded at either end, can be used instead of cable ducts.

B.14 Integration of new internal systems into existing structures

When adding new internal systems to an existing structure, the existing installation might restrict the protection measures that can be adopted.

Figure B.8 shows an example where an existing installation, shown on the left, is interconnected to a new installation, shown on the right. The existing installation has restrictions on the protection measures that can be employed. However, design and planning of the new installation can allow for all necessary protection measures to be adopted.

www.TeraStandard.com



Key

1	existing mains (TN-C,TT,IT)	E	electrical lines
2	new mains (TN-S,TN-CS,TT,IT)	S	signal lines (shielded or unshielded)
3	surge protective device (SPD)	E_T	earth-termination system
4	class I standard insulation	BN	bonding network
5	class II double insulation without PE	PE	protective earthing conductor
6	isolation transformer	FE	functional earthing conductor (if any)
7	opto-coupler or fibre optic cable	////	3-wire electrical line: L, N, PE
8	adjacent routing of electrical and signal lines	//	2-wire electrical line: L, N
9	shielded cable ducts	•	bonding points (PE, FE, BN)

Figure B.8 – Upgrading of the SPM in existing structures

B.15 Overview of possible protection measures

B.15.1 Power supply

Existing mains supply (see Figure B.8, No.1) in the structure is very often of the type TN-C, which can cause power frequency interference. Such interference can be avoided by isolating interfaces (see below).

If a new mains supply (see Figure B.8, No. 2) is installed, type TN-S is strongly recommended.

www.TeraStandard.com

B.15.2 Surge protective devices

To control conducted surges on lines, SPDs should be installed at the entry into any LPZ and possibly at the equipment to be protected (see Figure B.8, No.3 and Figure B.2).

B.15.3 Isolating interfaces

To avoid interference, isolating interfaces between existing and new equipment can be used: class II insulated equipment (see Figure B.8, No. 5), isolation transformers (see Figure B.8, No. 6), fibre optic cables or optical couplers (see Figure B.8, No. 7).

B.15.4 Line routing and shielding

Large loops in line routing might lead to very high induced voltages or currents. These can be avoided by routing electrical and signal lines adjacent to each other (see Figure B.8, No. 8), thereby minimizing the loop area. It is recommended to use shielded signal lines. For extended structures, additional shielding, for example by bonded metal cable ducts (see Figure B.8. No. 9), is also recommended. All these shields should be bonded at both ends.

Line routing and shielding measures become more important the smaller the shielding effectiveness of the spatial shield of LPZ 1, and the larger the loop area.

B.15.5 Spatial shielding

Spatial shielding of LPZ against lightning magnetic fields requires mesh widths typically less than 5 m.

An LPZ 1 created by a normal external LPS in accordance with IEC 62305-3 (air-termination, down-conductor and earth-termination system) has mesh widths and typical distances greater than 5 m, resulting in negligible shielding effects. If higher shielding effectiveness is required, the external LPS should be upgraded (see Clause B.4).

LPZ 1 and higher may require spatial shielding to protect internal systems not complying with radiated radio frequency emission and immunity requirements.

B.15.6 Bonding

Equipotential bonding for lightning currents with frequencies up to several MHz requires a meshed low impedance bonding network having a typical mesh width of 5 m. All services entering an LPZ should be bonded directly, or via a suitable SPD, as closely as possible to the boundary of the LPZ.

If, in existing structures, these conditions cannot be fulfilled, other suitable protective measures should be provided.

B.16 Upgrading a power supply and cable installation inside the structure

The power distribution system in older structures (see Figure B.8, No. 1) is very often TN-C. Interference at 50/60 Hz arising from the connection of earthed signal lines with the PEN conductor can be avoided by

– isolating interfaces using class II electrical equipment or double insulated transformers. This can be a solution if there is only a small amount of electronic equipment (see Clause B.5),
– changing the power distribution system to a TN-S (see Figure B.8 No. 2). This is the recommended solution, especially for extensive systems of electronic equipment.

The requirements of earthing, bonding and line routing should be fulfilled.

www.TeraStandard.com

Annex C
(informative)

Selection and installation of a coordinated SPD system

C.1 Introduction

Lightning flashes to a structure (source of damage S1), near the structure (S2), to a service connected to the structure (S3) and near a service connected to the structure (S4) can cause failures or malfunction of internal systems (see 5.1 of IEC 62305-1:2010).

This annex provides information on the selection and installation of a coordinated SPD system. Additional information may be found in IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53 which deal with protection against overcurrent and the consequences in the case of an SPD failure.

The failure due to surges exceeding the immunity level of electronic equipment is not covered within the scope of the IEC 62305 series. The reader is referred to IEC 61000-4-5 for treatment of this subject.

However, lightning surges frequently cause failure of electrical and electronic systems due to insulation breakdown or when overvoltages exceed the equipment's common mode insulation level.

Equipment is protected if its rated impulse withstand voltage U_W at its terminals (common mode withstand voltage) is greater than the surge overvoltage between the live conductors and earth. If not, an SPD must be installed.

Such an SPD will protect the equipment if its effective voltage protection level $U_{P/F}$ (the protection level U_P obtained when the nominal discharge current I_n flows added to the inductive voltage drop ΔU of the connecting conductors) is lower than U_W It should be noted that if the discharge current which occurs at the point of installation of the SPD exceeds the designated I_n of the SPD, the protection level U_P will be higher, and $U_{P/F}$ may exceed the equipment's withstand level U_W. In this case the equipment is no longer protected. It follows that the nominal current I_n of the SPD should be selected to be equal to, or higher, than the discharge lightning current which can be expected at this point of installation.

The probability that an SPD with $U_{P/F} \leq U_W$ does not adequately protect the equipment for which it is intended, is equal to the probability that the discharge current at the point of installation of this SPD exceeds the current at which U_P was determined.

Evaluation of the currents expected at various points in the installation is given in Annex E of IEC 62305-1:2010, and is based on the LPL determined using IEC 62305-2. A complete analysis of current sharing is required when considering the S1 event. Annex D of this standard provides additional information.

It should also be noted, that selecting an SPD with a lower value U_P (compared to the equipment's U_W) results in a lower stress to the equipment that may result not just in a lower probability of damage, but also a longer operating life.

Values of the probability P_{SPD} as a function of the LPL are given in Table B.3 of IEC 62305-1:2010.

NOTE Values of P_{SPD} for SPDs providing better protection characteristics can be determined if the voltage vs current characteristic of the SPD is available.

www.TeraStandard.com

Finally, the importance of applying SPD protection to both power and signal circuits is essential if an effective coordinated SPD system is to result.

C.2 Selection of SPDs

C.2.1 Selection with regard to voltage protection level

Selection of the proper voltage protection level of the SPD depends on

– the impulse withstand voltage U_W of the equipment to be protected,
– the length of the connecting conductors to the SPD,
– the length and the routing of the circuit between the SPD and the equipment.

The impulse withstand voltage U_W of the equipment to be protected should be defined for

– equipment connected to power lines in accordance with IEC 60664-1 and IEC 61643-12,
– equipment connected to telecom lines in accordance with IEC 61643-22, ITU-T K.20 [3], K.21[4] and K45 [5],
– other lines and equipment terminals in accordance with information obtained from the manufacturer.

NOTE 1 The protective level U_P of an SPD is related to the residual voltage at a defined nominal current I_n. For higher or lower currents passing through the SPD, the value of voltage at the SPD's terminals will change accordingly.

NOTE 2 The voltage protective level U_P should be compared with the impulse withstand voltage U_W of the equipment, tested under the same conditions as the SPD (overvoltage and overcurrent waveform and energy, energized equipment, etc.). This matter is under consideration.

NOTE 3 Equipment may contain internal SPD components. The characteristics of these internal SPDs may affect the coordination.

When an SPD is connected to equipment to be protected, the inductive voltage drop ΔU of the connecting conductors will add to the protection level U_P of the SPD. The resulting effective protection level $U_{P/F}$, defined as the voltage at the output of the SPD resulting from the protection level and the wiring voltage drop in the leads/connections (see Figure C.1), can be assumed as being:

$U_{P/F} = U_P + \Delta U$ for voltage limiting type SPD(s);

$U_{P/F} = \max (U_P, \Delta U)$ for voltage switching type SPD(s).

NOTE 4 For some switching type SPDs it may be required to add the arc voltage to ΔU. This arc voltage may be as high as some hundreds of volts. For combination type SPDs, more complex formulae may be needed.

When the SPD is installed at the line entrance into the structure, ΔU = 1 kV per m length, should be assumed. When the length of the connection conductors is ≤ 0,5 m, $U_{P/F} = 1{,}2 \times U_P$ can be assumed. When the SPD is carrying induced surges only, ΔU can be neglected.

During the operating state of an SPD, the voltage between the SPD terminals is limited to $U_{P/F}$ at the location of the SPD. If the length of the circuit between the SPD and the equipment is too long, propagation of surges can lead to an oscillation phenomenon. In the case of an open-circuit at the equipment's terminals, this can increase the overvoltage up to $2 \times U_{P/F}$ and failure of equipment may result even if $U_{P/F} \leq U_W$.

Information on the connecting conductors, connecting configurations and fuse withstand levels for SPDs can be found in IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53.

Moreover, lightning flashes to the structure or to ground nearby the structure, can induce an overvoltage U_I in the circuit loop between the SPD and the equipment, that adds to $U_{P/F}$ and thereby reduces the protection efficiency of the SPD. Induced overvoltages increase with the dimensions of the loop (line routing: length of circuit, distance between PE and active

www.TeraStandard.com

conductors, loop area between power and signal lines) and decrease with attenuation of the magnetic field strength (spatial shielding and/or line shielding).

NOTE 5 For evaluation of induced overvoltages U_I , Clause A.4 applies.

Internal systems are protected if

- they are energy coordinated with the upstream SPD(s), and
- one of the following three conditions is fulfilled:

1) $U_{P/F} \leq U_W$: when the circuit length between the SPD and the equipment is negligible (typical case of an SPD installed at equipment terminals);
2) $U_{P/F} \leq 0{,}8\ U_W$: when the circuit length is not greater than ten metres (typical case of SPD installed at a secondary distribution board or at a socket outlet);

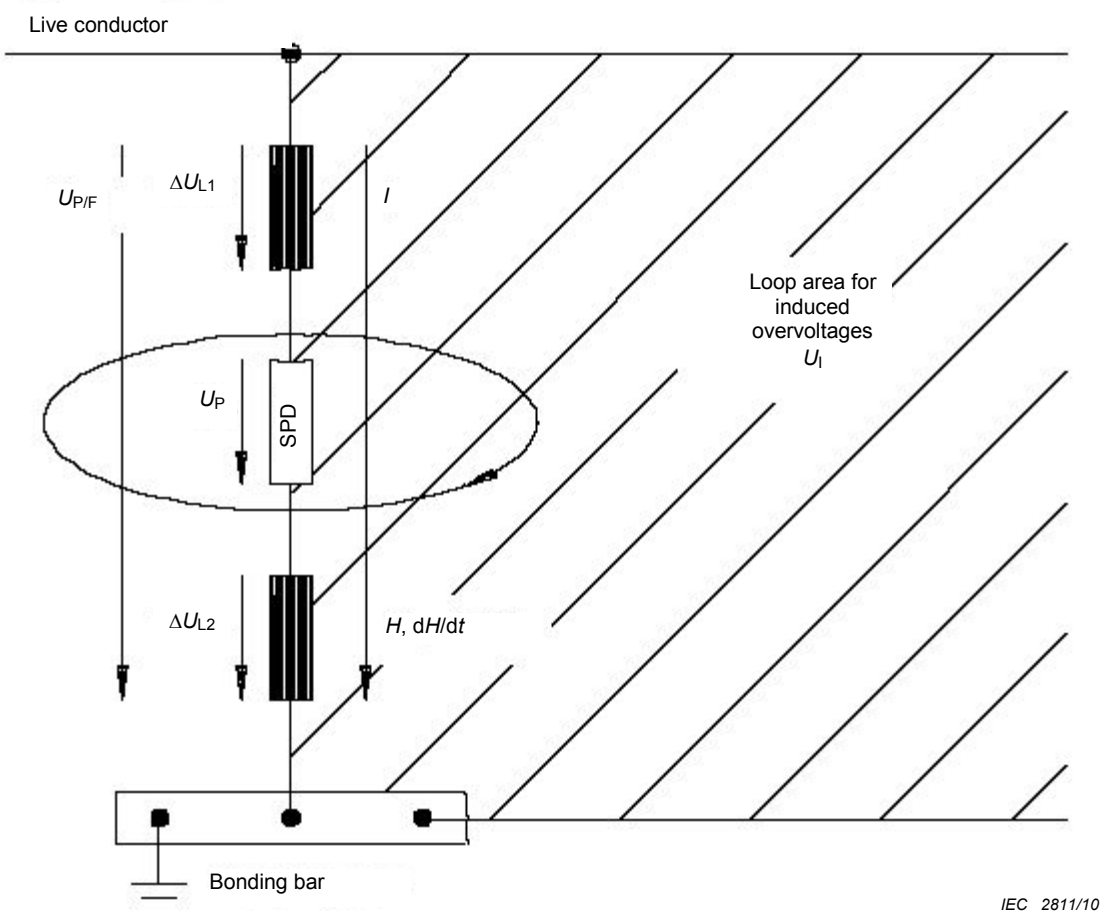
NOTE 6 Where failure on internal systems may cause loss of human life or loss of service to the public doubling of voltage due to oscillations should be considered and the criteria $U_{P/F} \leq U_W$ /2 is required..

3) $U_{P/F} \leq (U_W - U_I) / 2$: when the circuit length is more than ten metres (typical case of SPD installed at the line entrance into the structure or, in some cases, at the secondary distribution board).

NOTE 7 For shielded telecommunication lines, different requirements may apply due to the steepness of the wave front. Information on this effect is provided in Chapter 10 of the ITU-T lightning handbook [7].

If spatial shielding of the structure (or of the rooms) and/or line shielding (use of shielded cables or metallic cable ducts) are provided, induced overvoltages U_I are usually negligible and can be disregarded in most cases.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com



Key

I	partial lightning current
U_I	induced overvoltage
$U_{P/F} = U_P + \Delta U$	surge voltage between live conductor and bonding bar
U_P	limiting voltage of SPD
$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$	inductive voltage drop on the bonding conductors
H, dH/dt	magnetic field and its time derivative

NOTE The surge voltage $U_{P/F}$ between the live conductor and the bonding bar is higher than the protection level U_P of the SPD, because of the inductive voltage drop ΔU at the bonding conductors (even if the maximum values of U_P and ΔU do not necessarily appear simultaneously). That is, the partial lightning current flowing through the SPD induces additional voltage into the loop on the protected side of the circuit following the SPD. Therefore, the maximum voltage endangering the connected equipment can be considerably higher than the protection level U_P of the SPD.

Figure C.1 – Surge voltage between live conductor and bonding bar

C.2.2 Selection with regard to location and to discharge current

SPDs should withstand the discharge current expected at their installation point in accordance with Annex E of IEC 62305-1:2010. The use of SPDs depends on their withstand capability, classified in IEC 61643-1 for power, and in IEC 61643-21 for telecommunication systems.

The selection of an SPDs discharge current rating is influenced by the type of connection configuration and the type of power distribution network. More information on this may be found in IEC 61643-12 and IEC 60364-5-53.

SPDs should be selected in accordance with their intended installation location, as follows:

www.TeraStandard.com

a) At the line entrance into the structure (at the boundary of LPZ 1, e.g. at the main distribution board MB):

- **SPD tested with I_{imp} (class I test)**

  The required impulse current I_{imp} of the SPD should provide for the (partial) lightning current to be expected at this installation point based on the chosen LPL in accordance with Clause E.2 (source of damage S1) and/or E.3.1 (source of damage S3) of IEC 62305-1:2010.

- **SPD tested with I_n (class II test)**

  This type of SPD can be used when the lines entering are entirely within LPZ 0_B or when the probability of failures of the SPD due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded. The required nominal discharge current I_n of the SPD should provide for the surge level to be expected at the installation point based on the chosen LPL and related overcurrents, in accordance with E.3.2 of IEC 62305-1:2010.

NOTE 1 The risk of failures of the SPDs due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded if the total number of direct flashes to structure (N_D) and to line (N_L) complies with the condition $N_D + N_L \leq 0{,}01$.

b) Close to the equipment to be protected (at the boundary of LPZ 2 and higher, e.g. at a secondary distribution board SB, or at a socket outlet SA).

- **SPD tested with I_n (class II test)**

  The required nominal discharge current I_n of the SPD should provide for the surge current to be expected at this point of the installation, based the chosen LPL and related overcurrents in accordance with Clause E.4 of IEC 62305-1:2010.

NOTE 2 An SPD having the characteristics of class I and class II tests may be used in this location.

- **SPD tested with a combination wave U_{OC} (class III test)**

  This type of SPD can be used when the lines entering are entirely within LPZ 0_B or when the risk of failures of the SPD due to sources of damage S1 and S3 can be disregarded. The required open circuit voltage rating U_{OC} of the SPD (from which the short-circuit current I_{SC} can be determined, since test class III is carried out using a combination wave generator with a 2 Ω impedance) should provide for the surge level to be expected at the installation point, based on the chosen LPL and related overcurrents,in accordance with Clause E.4 of IEC 62305-1:2010.

C.3 Installation of a coordinated SPD system

C.3.1 General

The efficiency of a coordinated SPD system depends not only on the proper selection of the SPDs, but also on their correct installation. Aspects to be considered include:

- location of the SPD;
- connecting conductors.

C.3.2 Installation location of SPDs

The location of the SPDs should comply with C.2.2 and is primarily affected by

- the specific source of damage e.g. lightning flashes to a structure (S1), to a line (S3), to ground near a structure (S2) or to ground near a line (S4),
- the nearest opportunity to divert the surge current to ground (as close to the entrance point of a line into the structure as possible).

The first criterion to be considered is: the closer the SPD is to the entrance point of the incoming line, the greater the amount of equipment within the structure that will be protected by this SPD (economic advantage). Then the second criterion should be checked: the closer an SPD is to the equipment being protected, the more effective its protection will be (technical advantage).

www.TeraStandard.com

C.3.3 Connecting conductors

The SPDs connecting conductors should have a minimum cross-sectional area as given in Table 1.

C.3.4 Coordination of SPDs

In a coordinated SPD system, cascaded SPDs need to be energy coordinated in accordance with IEC 61643-12 and/or IEC 61643-22. For this purpose, the SPD manufacturer should provide sufficient information as to how to achieve energy coordination between his different SPDs.

C.3.5 Procedure for installation of a coordinated SPD system

A coordinated SPD system should be installed as follows:

- At the line entrance into the structure (at the boundary of LPZ 1, e.g. at installation point MB) install SPD1 fulfilling the requirements of C.2.2.
- Determine the impulse withstand voltage U_W of internal systems to be protected.
- Select the voltage protection level U_{P1} of SPD 1.
- Check the requirements of C.2.1 are met.

If this requirement is met, the equipment is adequately protected by SPD 1. Otherwise, an additional SPD 2(s) is/are needed.

- If so required, closer to the equipment (at the boundary of LPZ 2, e.g. at the installation point SB or SA), install SPD 2, fulfilling the requirements of C.2.2 and energy coordinated with the upstream SPD 1 (see C.3.4).
- Select the protection level U_{P2} of SPD 2.
- Check the requirements of C.2.1 are met.

If this requirement is met, the equipment is adequately protected by SPD 1 and SPD 2.

- Otherwise, close to the equipment (e.g. at installation point SA socket), additional SPD 3(s) is/are needed fulfilling the requirements of C.2.2 and energy coordinated with the upstream SPD 1 and SPD 2 (see C.2.3),
- Check the condition $U_{P/F3} \leq U_W$ is fulfilled (see C.2.1).

www.TeraStandard.com

Annex D
(informative)

Factors to be considered in the selection of SPDs

D.1 Introduction

I_{imp}, I_{max} and I_n are test parameters used in the operating duty test for class I and class II tests. They are related to the maximum values of discharge currents, which are expected to occur at the LPL probability level at the location of installation of the SPD in the system. I_{max} is associated with class II tests and I_{imp} is associated with class I tests.

The preferred values for I_{imp}, *Q, W/R*, in accordance with the future IEC 61643-11[8] are reproduced in Table D.1.

Table D.1 – Preferred values of I_{imp} [a]

I_{imp} [b] kA	1	2	5	10	12,5 [c]	20	25
Q (C)	0,5	1	2,5	5	6,25 [c]	10	12,5
W/R (kJ/Ω)	0,25	1	6,25	25	39 [c]	100	156

[a] Table D.1 refers to SPDs connected line to neutral (CT1 connection).

[b] In general I_{imp} is associated with longer waveshapes (for example 10/350 μs) than I_{max}.

[C] See IEC 60364-5-53:2001.

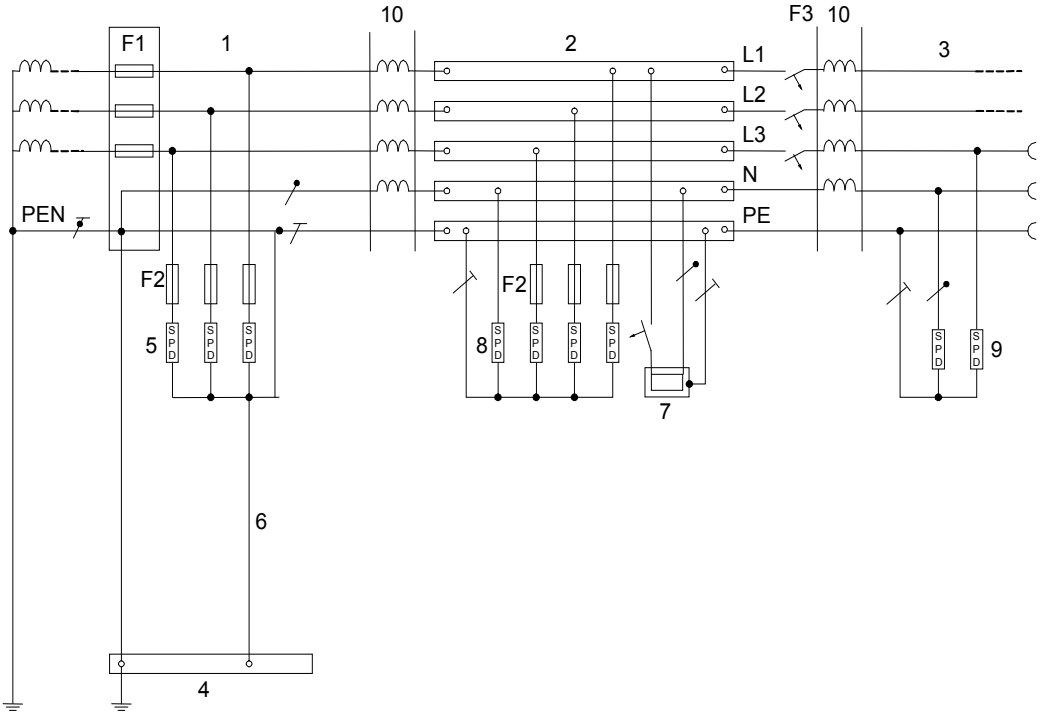
D.2 Factors determining the stress experienced by an SPD

The stress which an SPD will experience under surge conditions is a function of many complex and interrelated parameters. These include:

- location of the SPD(s) within the structure (see Figure D.1);
- method of coupling of the lightning strike to the facility (see Figure D.2) – for example, is this via a direct strike to the structure's LPS (S1), or via induction onto building wiring due to a nearby strike (S2), or services feeding the structure (S3 and S4);
- distribution of lightning currents within the structure – for example, what portion of the lightning current enters the earthing system, and what remaining portion seeks a path to remote earths via services which enter the structure such as the power distribution system, metallic pipes, telecom services, etc. and the equipotential bonding SPDs used on these;
- the resistance and inductance of services entering the structure, as these components effect the current peak value, *I*, and charge *Q* distribution ratios;
- additional conductive services connected to the facility – these will carry a portion of the direct lightning current and therefore reduce the portion which flows through the power distribution system via the lightning equipotential bonding SPD(s). Attention should be paid to the permanence of such services due to possible replacement by non-conductive parts;
- type of waveshape being considered – it is not possible to consider simply the peak current which the SPD will have to conduct under surge conditions, one also has to consider the waveshape of this surge (for example, 10/350 μs covering direct and partial lightning current, 8/20 μs covering induced lightning current) and the bulk charge *Q*;

www.TeraStandard.com

- any additional structures which are interconnected to the primary structure via the power service, as these will also effect the current sharing distribution.



IEC 2812/10

Key

1 origin of the installation
2 distribution board
3 distribution outlet
4 main earthing terminal or bar
5 surge protective device, class I or II tested
6 earthing connection (earthing conductor) of the surge protective device
7 fixed equipment to be protected
8 surge protective device, class II tested
9 surge protective device, class II or class III tested
10 decoupling element or line length
F1, F2, F3 overcurrent protective disconnectors

NOTE Refer to IEC 61643-12 for further information.

Figure D.1 – Installation example of test class I, class II and class III SPDs

www.TeraStandard.com

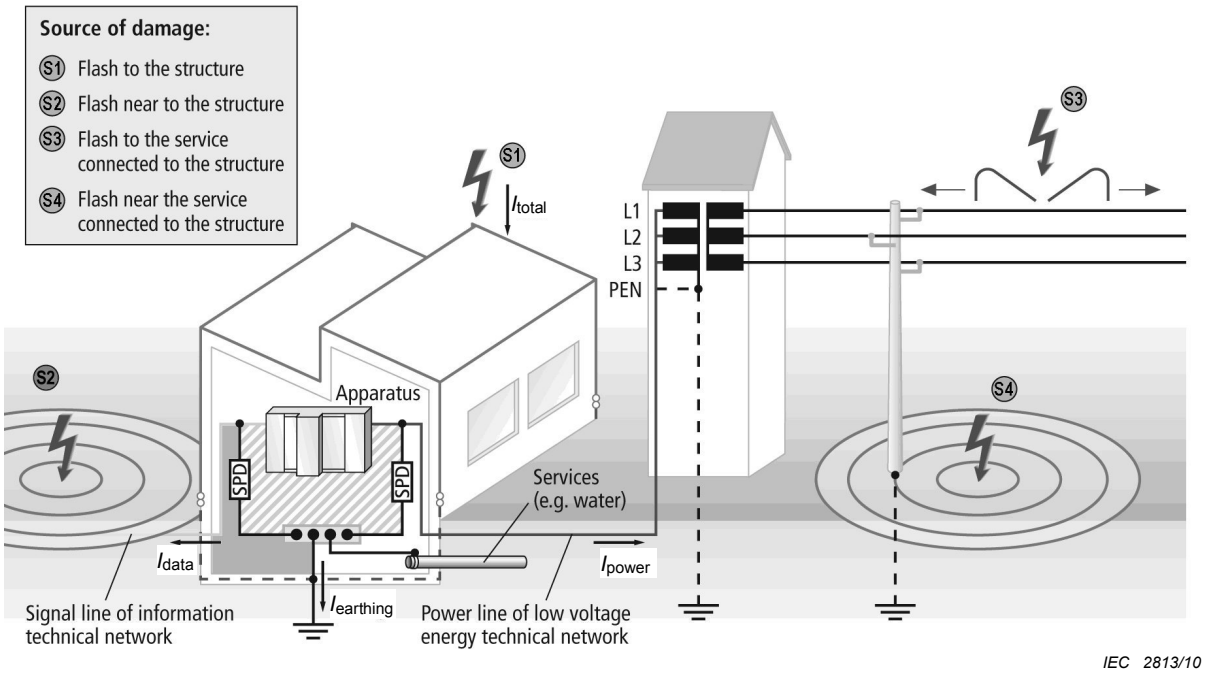


Figure D.2 – Basic example for different sources of damage to a structure and lightning current distribution within a system

D.3 Quantifying the statistical threat level to an SPD

D.3.1 General

Many attempts have been made to quantify the electrical environment and “threat level” which an SPD will experience at different locations within a facility. For example, for a service entrance SPD where a structural LPS is fitted, the threat level depends on the required LPL according to risk assessment for the involved structure, in order to limit such risk to the tolerable value (see Clause 6 of IEC 62305-1:2010).

This standard postulates that under an LPL I the magnitude of a direct strike (S1) to the structure’s LPS may be as high as 200 kA with a waveshape of 10/350 μs (see 8.1 and Annex A of IEC 62305-1:2010). However, whilst the SPDs should be selected to meet the required LPL identified by the risk assessment, there are further factors that would affect the magnitude of lightning current to which SPD is subjected.

D.3.2 Installation factors effecting current distribution

When no specific calculation of current sharing (see Clause E.2 of IEC 62305-1:2010) is carried out, a general assumption is made that 50 % of this current is conducted to the building’s earthing system, and 50 % returns via the equipotential bonding SPD(s). For LPL I, this implies that the portion of the initial 200 kA discharge experienced by each SPD, I_{imp}, is 25 kA for a three-phase plus neutral power distribution system – see Figure D.3.

www.TeraStandard.com

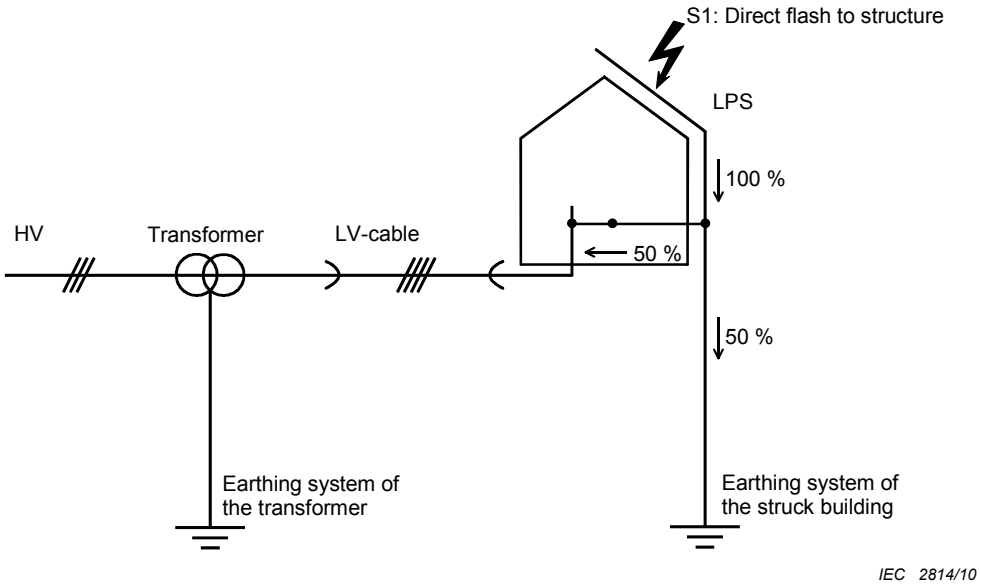


Figure D.3 – Basic example of balanced current distribution

If, however, three metallic services supply the structure, and the model of Clause E.2 of IEC 62305-1:2010 is adopted, the total current, I_{imp}, to each equipotential bonding SPD in the three-phase system becomes 8,3 kA.

The distribution of lightning current on a power distribution system is strongly influenced by the earthing practice of the services entering the structure. For example, in the TN-C system with its multiple-earthed neutral, a more direct and lower impedance path to earth is provided for lightning currents than in a TT system.

Simplified assumptions of current dispersion are useful in considering the possible threat level, which the SPD(s) may experience, but it is important to keep in context the assumptions being made. In addition, it has been assumed that the waveshape of this current component through the SPD(s) will be the same waveshape as the initial discharge, whereas in reality the waveshape may have been altered by the impedance of building wiring, etc.

Computer simulations can be a helpful tool in order to consider these factors for the correct selection of SPDs. In order to evaluate the lightning current dispersion for a complex system, it is necessary to convert the real world system, as shown in the example of Figure D.2 into an equivalent electrical circuit diagram.

Many standards have sought rather to base their considerations of the threat level to which an SPD may be subject, on field experience collected over time. Table E.2 of IEC 62305-1:2010 is based mainly on field experience (see IEEE C62.41 series [9]).

D.3.3 Considerations in the selection of SPD ratings: I_{imp}, I_{max}, I_n, U_{OC}

From the above, it is apparent that the selection of the appropriate ratings I_{imp}, I_{max}, I_n and U_{OC} of an SPD depends on many complex and interconnected parameters.

It is important to keep in context that the risk of damage to internal systems within a structure due to surges arising from

– induced effects coupling power, phone and data lines (S4),

– LEMP effects of coupling from nearby strikes to the structure (S2),

may often be greater than those due to the effects of surges arising from direct strikes to the structure itself (S1) or to lines (S3).

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

www.TeraStandard.com

Many buildings do not require protection against direct strikes to the structure or to incoming lines, and as such the requirement for test class I SPD(s) is not necessary, while a correctly designed test class II SPD system may be appropriate.

In general, the approach should be to use a test class I SPD where direct or partial lightning currents are involved (S1/S3) and a test class II/III SPD for induced effects (S2/S4).

When addressing such complexities, one needs to keep in mind that the most important aspect in selecting an SPD is its voltage-limiting performance during the expected surge event, and the energy withstand (I_{imp}, I_{max}, I_n, U_{OC}) which it can handle (see NOTE 4 that follows Table B.7 in IEC 62305-2:2010).

At the expected I_n, an SPD with a limiting voltage lower than the withstand voltage of the equipment will ensure equipment protection, particularly considering external factors that create additive voltages (voltage drop on connecting leads, oscillations and induction phenomena). In contrast, an SPD with a withstand energy higher than that required at the point of installation may result only in a longer SPD operating life. However, an SPD with lower limiting voltage may be more susceptible to possible damage from temporary over voltages (TOV) if installed on poorly regulated power systems.

www.TeraStandard.com

Bibliography

[1] IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

[2] IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

[3] ITU-T Recommendation K.20:2008, *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents*

[4] ITU-T Recommendation K.21:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to overvoltages and overcurrents*

[5] ITU-T Recommendation K.45:2003, *Resistibility of telecommunication equipment installed in the access and trunk networks to overvoltages and overcurrents*

[6] IEC 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-2: Installation and mitigation guidelines – Earthing and cabling*

[7] ITU-T Lightning handbook:1994, *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges – Chapter 10*

[8] IEC 61643-11, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems –Requirements and test methods*

[9] IEEE C62.41:1991, *Recommended practice on surge voltages in low-voltage ac power circuits*

www.TeraStandard.com

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 91
INTRODUCTION 93
1 Domaine d'application 95
2 Références normatives 95
3 Termes et définitions 96
4 Conception et mise en œuvre de MPF 99
4.1 Généralités 99
4.2 Conception de MPF 103
4.3 Zones de protection contre la foudre (ZPF) 104
4.4 MPF fondamentales 108
5 Mise à la terre et équipotentialité 109
5.1 Généralités 109
5.2 Réseau de prises de terre 109
5.3 Réseau d'équipotentialité 111
5.4 Barres d'équipotentialité 116
5.5 Equipotentialité à la frontière d'une ZPF 116
5.6 Matériaux et dimensions des éléments d'équipotentialité 117
6 Ecrans magnétiques et cheminement 117
6.1 Généralités 117
6.2 Ecran spatial 117
6.3 Ecran des lignes internes 118
6.4 Cheminement des lignes internes 118
6.5 Ecran des lignes externes 118
6.6 Matériaux et dimensions des écrans magnétiques 118
7 Parafoudres coordonnés 118
8 Interfaces d'isolement 119
9 Gestion d'une MPF 119
9.1 Généralités 119
9.2 Plan de gestion d'une MPF 120
9.3 Inspection d'une MPF 121
9.3.1 Généralités 121
9.3.2 Procédure d'inspection 122
9.3.3 Documentation pour l'inspection 123
9.4 Maintenance 123
Annexe A (informative) Eléments essentiels pour l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF 124
Annexe B (informative) Mise en œuvre d'une MPF pour une structure existante 149
Annexe C (informative) Choix et mise en œuvre d'un système de protection coordonnée par parafoudres 167
Annexe D (informative) Facteurs à prendre en compte dans le choix des parafoudres 173
Bibliographie 178

Figure 1 – Principe général de partition en diverses ZPF 100

www.TeraStandard.com

Figure 2 – Exemples de mesures de protection possibles MPF (mesures de protection contre l'IEMF) 102
Figure 3 – Exemples de ZPF interconnectées 106
Figure 4 – Exemples de zones de protection contre la foudre étendues 107
Figure 5 – Exemple de réseau de mise à la terre tridimensionnel constitué du réseau d'équipotentialité interconnecté avec le réseau de prises de terre 109
Figure 6 – Réseau de prises de terre maillé d'une implantation 110
Figure 7 – Utilisation des tiges d'armature d'une structure pour une liaison équipotentielle 112
Figure 8 – Liaison équipotentielle dans une structure avec armature en acier 113
Figure 9 – Intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité 114
Figure 10 – Associations de méthodes d'incorporation des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité 115
Figure A.1 – Situation de l'IEMF due à un impact de foudre 125
Figure A.2 – Simulation de l'élévation du champ magnétique due à des oscillations amorties 128
Figure A.3 – Ecran à large volume réalisé par armatures et ossatures métalliques 129
Figure A.4 – Volume pour les réseaux de puissance et de communication dans une ZPF n intérieure 130
Figure A.5 – Réduction des effets d'induction par des dispositions de cheminement et d'écran 131
Figure A.6 – Exemple de MPF d'un immeuble de bureaux 133
Figure A.7 – Evaluation du champ magnétique en cas de coup de foudre direct 134
Figure A.8 – Evaluation du champ magnétique dans le cas de coup de foudre proche 136
Figure A.9 – Distance s_a en fonction du rayon de la sphère fictive et des dimensions de la structure 139
Figure A.10 – Types de volumes d'écrans en grille de grandes dimensions 140
Figure A.11 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran en grille de type 1 141
Figure A.12 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran en grille de type 1 selon la largeur de maille 142
Figure A.13 – Essai à bas niveau pour déterminer le champ magnétique dans une structure avec écran 144
Figure A.14 – Tensions et courants induits dans une boucle formée par les lignes 145
Figure B.1 – Etapes de la conception d'une MPF pour une structure existante 152
Figure B.2 – Etablissement possible des ZPF dans les structures existantes 156
Figure B.3 – Réduction des dimensions de la boucle en utilisant des câbles écrantés proches d'une plaque métallique 159
Figure B.4 – Exemple de plaque métallique utilisée comme écran complémentaire 159
Figure B.5 – Protection d'antennes et autres matériels extérieurs 161
Figure B.6 – Ecran naturel fourni par des échelles et canalisations mises à la terre 162
Figure B.7 – Emplacements idéaux pour des lignes sur un mât (section d'un mât-treillis en acier) 162
Figure B.8 – Amélioration de la MPF dans les structures existantes 164
Figure C.1 – Surtension entre un conducteur actif et la barre d'équipotentialité 170
Figure D.1 – Exemple d'installation d'essai de parafoudres de classes I, II et III 174

www.TeraStandard.com

Figure D.2 – Exemple de base de différentes sources de dommage à une structure et distribution du courant de foudre dans un réseau 175
Figure D.3 – Exemple de base de distribution partagée du courant 176

Tableau 1 – Sections minimales des éléments d'équipotentialité 117
Tableau 2 – Plan de gestion des MPF pour des bâtiments neufs et pour des modifications importantes dans la construction ou l'utilisation de bâtiments 121
Tableau A.1 – Paramètres relatifs à la source de dégradation et aux matériels 126
Tableau A.2 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m 136
Tableau A.3 – Atténuation magnétique des écrans spatiaux en grille dans le cas d'une onde plane 137
Tableau A.4 – Rayon de la sphère fictive correspondant au courant maximal de foudre 139
Tableau A.5 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m correspondant à *SF* = 12,6 dB 139
Tableau B.1 – Caractéristiques des structures et environnements 149
Tableau B.2 – Caractéristiques des installations 150
Tableau B.3 – Caractéristiques des matériels 150
Tableau B.4 – Autres questions à considérer pour la détermination du concept de protection 150
Tableau D.1 – Valeurs préférentielles de I_{imp} 173

www.TeraStandard.com

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62305-4 a été établie par le comité d'études 81 de la CEI: Protection contre la foudre.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition, publiée en 2006, dont elle constitue une révision technique.

La présente édition comprend les modifications techniques importantes suivantes par rapport à la précédente édition:

1) Introduction d'interfaces d'isolement capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la structure.
2) Légère modification des sections minimales des composants de liaison.
3) Introduction d'un premier courant pulsé négatif à des fins de calcul, comme source électromagnétique de dégradation des réseaux internes

www.TeraStandard.com

4) Amélioration du choix du parafoudre par rapport au niveau de protection contre les surtensions, afin de tenir compte de l'existence de phénomènes d'oscillation et d'induction dans le circuit en aval du parafoudre.
5) Suppression de l'Annexe C traitant de la coordination des parafoudres avec renvoi au SC 37A.
6) Introduction d'une nouvelle Annexe informative D fournissant des informations sur les facteurs à prendre en compte dans le choix des parafoudres.

La présente version bilingue (2012-06) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2010-12.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 81/373/FDIS et 81/383/RVD.

Le rapport de vote 81/383/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée, aussi fidèlement que possible, selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62305, présentées sous le titre général *Protection contre la foudre*, est disponible sur le site Web de la CEI.

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

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

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

www.TeraStandard.com

INTRODUCTION

La foudre, en tant que source de dégradation, est un phénomène à très forte énergie. Les chocs de foudre libèrent une énergie de plusieurs centaines de mégajoules. Si l'on compare avec une valeur de l'ordre de quelques millijoules suffisante pour affecter un matériel électronique sensible dans des réseaux de puissance et de communication à l'intérieur d'une structure, il est évident que des mesures de protection complémentaires seront nécessaires pour la protection de certains matériels.

Le besoin de la présente Norme internationale s'est fait sentir en raison de l'accroissement des coûts de défaillances des réseaux de puissance et de communication dus aux effets du champ électromagnétique de la foudre. Les réseaux qui revêtent la plus grande importance sont les réseaux de communication utilisés pour le traitement et le stockage de données, ainsi que pour le contrôle et la sécurité des procédés de fabrication des usines de valeur, de dimensions et de complexité considérables (pour lesquelles les arrêts sont véritablement indésirables pour des raisons de coût et de sécurité).

La foudre peut entraîner, dans une structure, divers types de dommages définis dans la CEI 62305-1:

D1 blessures d'êtres vivants par un choc électrique;

D2 dommages physiques (incendie, explosion, destruction mécanique, dégagement chimique) dus à des effets de courant de décharge, y compris l'étincelage;

D3 défaillance des réseaux internes dus à l'IEMF.

La CEI 62305-3 traite des mesures de protection pour la réduction du risque de dommages physiques et de danger de mort, mais ne traite pas de la protection des réseaux de puissance et de communication.

La présente Partie 4 de la CEI 62305 donne donc des informations sur les mesures de protection pour la réduction du risque de défaillances permanentes des réseaux de puissance et de communication dans les structures.

Les défaillances permanentes des réseaux de puissance et de communication peuvent être dues à l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF) par:

a) les chocs conduits et induits transmis aux matériels par les câblages de connexion;

b) les effets des champs électromagnétiques rayonnés directement dans les matériels.

Les chocs peuvent être générés à l'intérieur ou à l'extérieur de la structure:

– les chocs à l'extérieur de la structure sont générés par des impacts de foudre sur les lignes entrantes ou sur le sol à proximité de la structure et sont transmis aux réseaux de puissance et de communication de la structure via ces lignes;

– les chocs à l'intérieur de la structure sont dus aux impacts de foudre sur la structure et sur le sol à proximité de la structure.

NOTE 1 Les chocs peuvent également être internes à la structure, dus aux effets de commutation, par exemple, la commutation de charges inductives.

Le couplage peut être dû à plusieurs mécanismes:

– couplage résistif (par exemple, dû à l'impédance du réseau de prises de terre ou à la résistance des blindages des câbles);

– couplage de champs magnétiques (par exemple, dû à des boucles dans les réseaux de puissance et de communication ou à l'inductance des conducteurs d'équipotentialité);

– couplage de champs électriques (par exemple, dû aux antennes de réception).

NOTE 2 Les effets de couplage de champs électriques sont généralement très faibles si l'on compare au couplage des champs magnétiques et peuvent être négligés.

www.TeraStandard.com

Les champs électromagnétiques rayonnés peuvent être dus à

– l'écoulement du courant direct de foudre dans le canal de foudre,
– l'écoulement de courants de foudre partiels dans des conducteurs (par exemple, dans les conducteurs de descente d'un SPF extérieur conforme à la CEI 62305-3 ou dans un écran spatial extérieur conforme à la présente norme).

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

www.TeraStandard.com

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –

Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62305 fournit des informations relatives à la conception, à l'installation, à l'inspection, à la maintenance et aux essais d'une installation de protection de réseau de puissance et de communication (MPF) visant à réduire le risque de défaillances permanentes dû aux impulsions électromagnétiques de foudre (IEMF) dans une structure.

La présente norme ne traite pas de la protection contre les perturbations électromagnétiques dues à la foudre et susceptibles d'entraîner des dysfonctionnements des réseaux internes. Toutefois, les informations de l'Annexe A peuvent également être utilisées pour évaluer ces perturbations. Les mesures de protection contre les perturbations électromagnétiques sont traitées dans la CEI 60364-4-44 [1] [1] et dans la série CEI 61000 [2].

La présente norme donne des lignes directrices pour la coopération entre le concepteur des réseaux de puissance et de communication et le concepteur des mesures de protection pour essayer d'obtenir la protection la plus efficace.

La présente norme ne traite pas de la conception détaillée des réseaux de puissance et de communication eux-mêmes.

2 Références normatives

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

CEI 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension - Partie 1: Principes, exigences et essais*

CEI 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-9:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-9: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel – Publication CEM fondamentale*

CEI 61000-4-10:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-10: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti – Publication CEM fondamentale*

CEI 61643-1:2005, *Parafoudres basse tension – Partie 1: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Exigences et essais*

---

1 Les chiffres entre crochets font référence à la bibliographie.

www.TeraStandard.com

CEI 61643-12:2008, *Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application*

CEI 61643-21, *Parafoudres basse tension – Partie 21: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais*

CEI 61643-22, *Parafoudres basse tension – Partie 22: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application*

CEI 62305-1:2010, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

CEI 62305-2:2010, *Protection contre la foudre – Partie 2: Evaluation des risques*

CEI 62305-3:2010, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans les autres parties de la CEI 62305, s'appliquent.

3.1
réseau de puissance
réseau comprenant des composants de l'alimentation de puissance basse tension

3.2
réseau de communication
réseau comprenant des composants électroniques sensibles tels que matériels de communication, systèmes d'ordinateurs, de commande et d'instrumentation, systèmes radio et installations d'électronique de puissance

3.3
réseaux internes
réseaux de puissance et de communication à l'intérieur d'une structure

3.4
protection contre la foudre
PCLF
installation complète de protection des structures et/ou des réseaux de puissance et de communication contre les effets de la foudre, comprenant un SPF et une MPF

3.5
système de protection contre la foudre
SPF
installation complète utilisée pour réduire les dangers de dommages physiques dus aux coups de foudre sur une structure

NOTE Elle comprend à la fois une installation extérieure et une installation intérieure de protection contre la foudre.

3.6
impulsion électromagnétique de foudre
IEMF
tous les effets électromagnétiques dus au courant de foudre par couplage résistif, inductif et capacitif qui crée des chocs de tension et des champs électromagnétiques

www.TeraStandard.com

3.7
choc
onde transitoire créant une surtension et/ou une surintensité due à l'IEMF

3.8
tenue assignée de choc
U_W
tension de choc donnée par le constructeur de l'équipement ou d'une partie de l'équipement, caractérisant la tenue spécifiée de son isolation contre les surtensions

NOTE Pour les besoins de la présente partie de la CEI 62305, seule la tension de choc entre les conducteurs actifs et la terre est considérée.

3.9
niveau de protection contre la foudre
NPF
chiffre lié à un ensemble de paramètres du courant de foudre et relatif à la probabilité que les valeurs minimales et maximales associées prévues ne seront pas dépassées lors d'apparition naturelle d'orages

NOTE Un niveau de protection contre la foudre est utilisé pour prévoir des mesures de protection conformément à l'ensemble approprié de paramètres du courant de foudre.

3.10
zone de protection contre la foudre
ZPF
zone dont l'environnement électromagnétique est défini

NOTE Les frontières d'une ZPF ne sont pas forcément les frontières physiques (par exemple, les parois, le sol ou le plafond).

3.11
mesures de protection contre l'IEMF
MPF
mesures prises pour protéger les réseaux internes contre les effets de l'IEMF

NOTE Il s'agit d'une partie de la protection globale contre la foudre.

3.12
écran spatial en grille
écran magnétique caractérisé par ses ouvertures

NOTE Pour un bâtiment ou un local, il est, de préférence, réalisé par interconnexion de composants métalliques naturels de la structure (par exemple, armatures du béton, encadrements et supports métalliques).

3.13
réseau de prises de terre
partie d'une installation extérieure de SPF destinée à conduire et à dissiper le courant de foudre à la terre

3.14
réseau d'équipotentialité
réseau de conducteurs reliant les parties conductrices de la structure et des réseaux internes (à l'exclusion des conducteurs actifs) au réseau de prises de terre

3.15
réseau de terre
réseau complet associant le réseau de prises de terre et le réseau d'équipotentialité

3.16
parafoudre
dispositif conçu pour limiter les surtensions transitoires et évacuer les courants de choc; il comporte au moins un composant non linéaire

www.TeraStandard.com

3.17

parafoudre soumis à essai sous I_{imp}
parafoudre résistant à un courant de foudre partiel d'onde typique 10/350 μs nécessitant un courant correspondant d'essai de choc I_{imp}

NOTE Pour les réseaux de puissance, un courant d'essai adapté I_{IMP} est défini dans la méthode d'essai de Classe I de la CEI 61643-1:2005.

3.18
parafoudre soumis à essai sous I_n
parafoudre résistant à des courants de choc induits d'onde typique 8/20 μs nécessitant un courant correspondant d'essai de choc I_n

NOTE Pour les réseaux de puissance, un courant d'essai adapté I_n est défini dans la méthode d'essai de Classe II de la CEI 61643-1:2005.

3.19
parafoudre soumis à essai en onde combinée
parafoudre résistant à des courants de choc induits d'onde typique 8/20 μs nécessitant un courant correspondant d'essai de choc I_{SC}

NOTE Pour les réseaux de puissance, une onde combinée d'essai est définie dans la méthode d'essai de Classe III de la CEI 61643-1:2005 définissant la tension en circuit ouvert U_{OC} 1,2/50 μs et le courant de court-circuit I_{SC} 8/20 μs d'un générateur d'onde combinée de 2 Ω.

3.20
parafoudre de type coupure en tension
parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, qui peut chuter rapidement en réponse à un choc de tension

NOTE 1 Des composants habituels utilisés comme dispositifs à coupure en tension sont par exemple les éclateurs, les tubes à gaz, les thyristors silicium (redresseurs silicium) et les triacs. Ces parafoudres sont parfois dits «de type crowbar».

NOTE 2 Un parafoudre de type coupure en tension présente une caractéristique tension/courant discontinue.

3.21
parafoudre de type limitation de tension
parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue avec un courant et une tension de choc croissants

NOTE 1 Des exemples habituels de composants utilisés comme dispositifs non linéaires sont les varistances et les diodes écrêteuses. Ces parafoudres sont parfois dits «de type clamping».

NOTE 2 Un parafoudre de type limitation de tension présente une caractéristique tension/courant continue.

3.22
parafoudre de type combiné
parafoudre comprenant des composants de type coupure en tension et de type limitation de tension et pouvant couper en tension, limiter en tension ou effectuer les deux à la fois, et dont le comportement dépend des caractéristiques de la tension appliquée

3.23
protection coordonnée par parafoudres
parafoudres choisis, coordonnés et mis en oeuvre de manière appropriée afin de constituer un réseau destiné à réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

3.24
interfaces d'isolement
dispositifs capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF

NOTE 1 Ces dispositifs comprennent des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles à fibre optique non métalliques et les opto-isolateurs.

www.TeraStandard.com

NOTE 2 Les caractéristiques de tenue d'isolement de ces dispositifs sont appropriées à la présente application, de manière intrinsèque ou par l'intermédiaire d'un parafoudre.

4 Conception et mise en œuvre de MPF

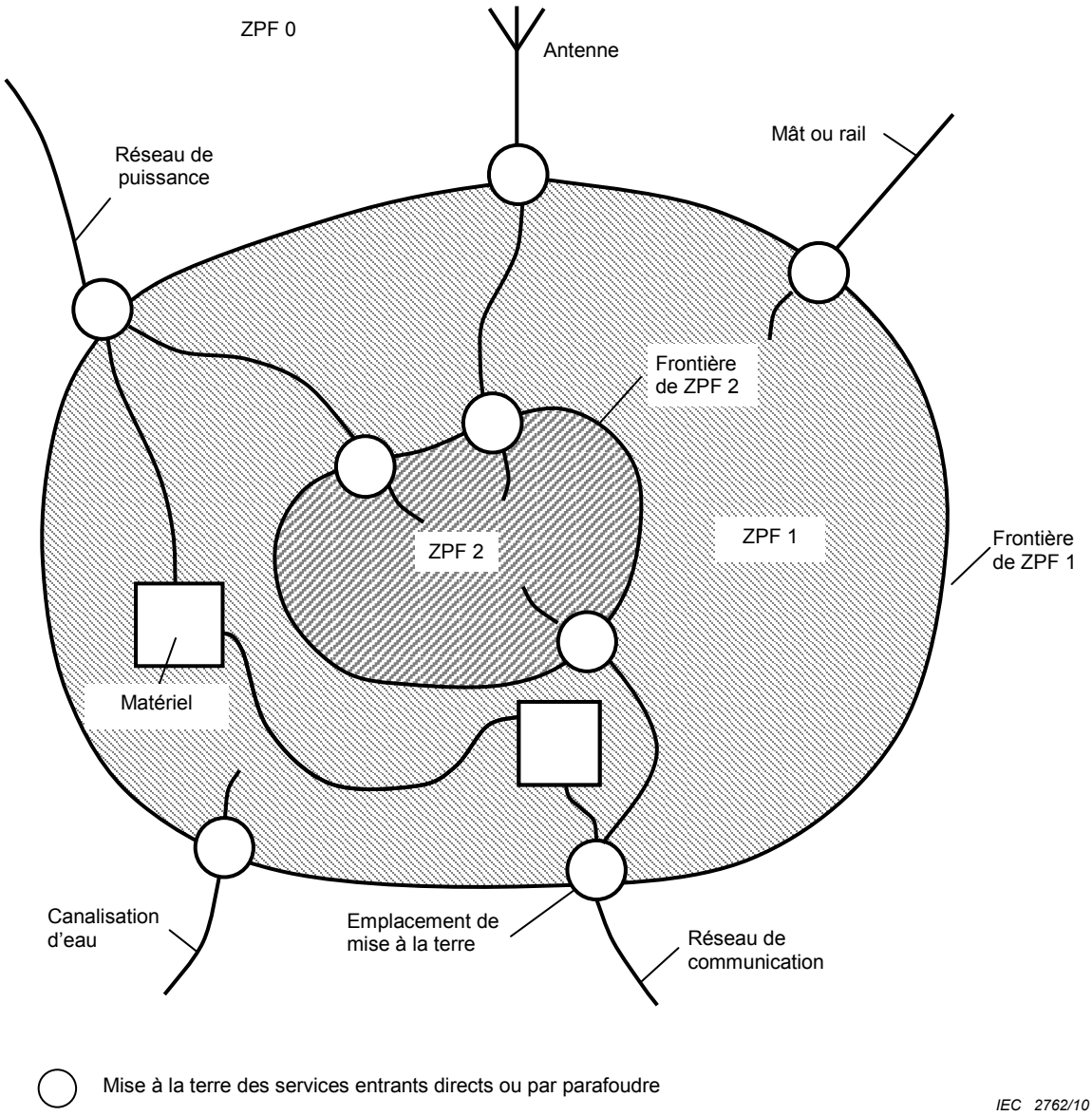
4.1 Généralités

Les réseaux de puissance et de communication sont mis en danger par l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF). Par conséquent, des mesures de MPF doivent être prévues pour éviter toute défaillance des réseaux internes.

Il convient que les mesures de MPF soient conçues par des experts en protection contre la foudre et les chocs de foudre possédant une connaissance approfondie en matière de CEM et de pratiques de mise en œuvre.

La protection contre l'IEMF se fonde sur le concept de zone de protection contre la foudre (ZPF): la zone comportant des réseaux à protéger doit être divisée en ZPF. Ces zones sont théoriquement des volumes spécifiés (ou d'un réseau interne) de sévérité IEMF compatible avec le niveau d'immunité des réseaux internes qu'ils contiennent (voir Figure 1). Les zones successives sont caractérisées par des modifications significatives de la sévérité IEMF. Les frontières d'une ZPF sont définies par les mesures de protection utilisées (voir Figure 2).

www.TeraStandard.com



NOTE Cette figure montre un exemple de partition d'une structure en ZPF intérieures. Tous les services métalliques pénétrant dans la structure sont mis à la terre par des bornes d'équipotentialité à la frontière de la ZPF 1. De plus, les services conducteurs entrant dans la ZPF 2 (par exemple, salle d'ordinateurs) sont mis à la terre par des bornes d'équipotentalité à la frontière de la ZPF 2.

Figure 1 – Principe général de partition en diverses ZPF

www.TeraStandard.com

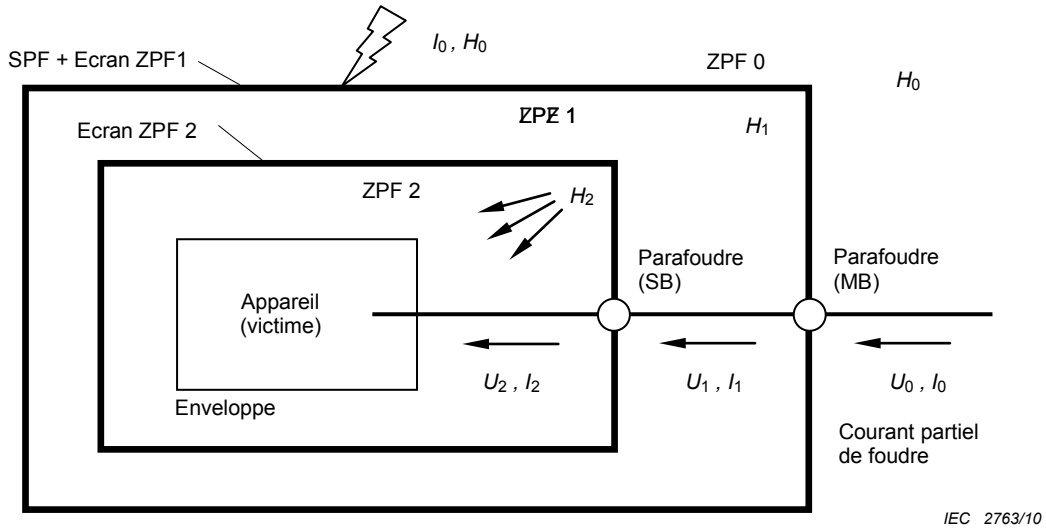


Figure 2a – MPF utilisant des écrans spatiaux et une protection coordonnée par parafoudres – Matériels bien protégés contre les chocs conduits (U_2<<U_0 et I_2<<I_0) et contre les champs magnétiques rayonnés (H_2<<H_0)

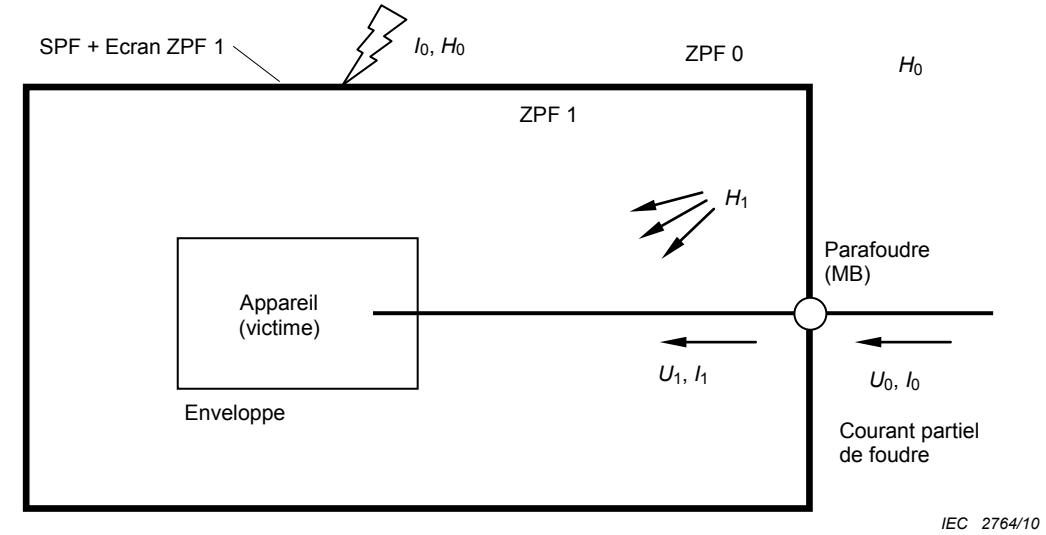


Figure 2b – MPF utilisant un écran spatial pour la ZPF 1 et une protection par parafoudre à l'entrée de la ZPF 1 – Matériels protégés contre les chocs conduits (U_1<U_0 et I_1<I_0) et contre les champs magnétiques rayonnés (H_1<H_0)

www.TeraStandard.com

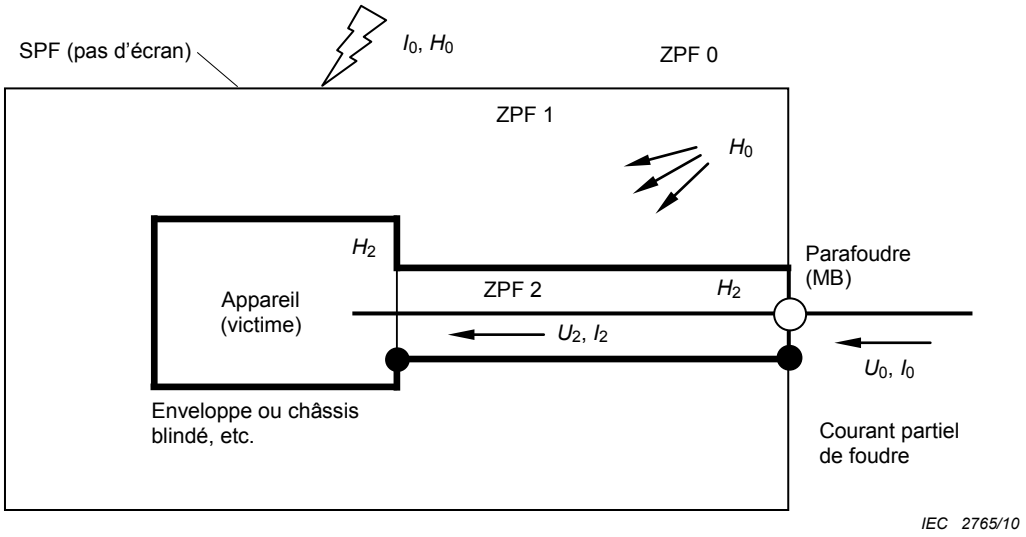


Figure 2c – MPF utilisant un écran de ligne intérieure et une protection par parafoudre à l'entrée de la ZPF 1 – Matériels protégés contre les chocs conduits (U_2<U_0 et I_2<I_0) et contre les champs magnétiques rayonnés (H_2<H_0)

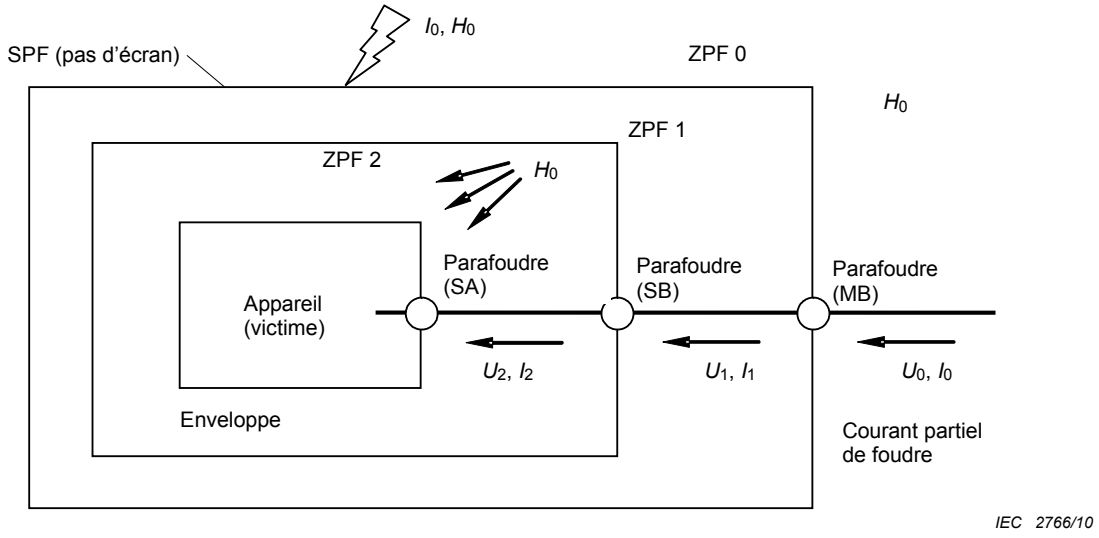


Figure 2d – MPF utilisant seulement une protection coordonnée par parafoudres – Matériels protégés contre les chocs conduits (U_2<<U_0 et I_2<<I_0), mais pas contre les champs magnétiques rayonnés (H_0)

Légende

frontière écrantée

frontière non écrantée

NOTE 1 Les parafoudres peuvent être situés aux points suivants:
– à la frontière de la ZPF 1 (par exemple, au tableau principal de distribution MB);
– à la frontière de la ZPF 2 (par exemple, au tableau secondaire de distribution SB);
– au niveau ou à proximité du matériel (par exemple, sur la prise SA).

NOTE 2 Pour des règles d'installation détaillées, voir aussi la CEI 60364-5-53.

Figure 2 – Exemples de mesures de protection possibles MPF (mesures de protection contre l'IEMF)

Des défaillances permanentes des réseaux de puissance et de communication dues à l'IEMF peuvent être dues à

www.TeraStandard.com

- des chocs conduits et induits sur les matériels par les câblages de connexion,
- des effets des champs électromagnétiques rayonnés directement sur les matériels eux-mêmes.

Pour la protection contre les effets des champs électromagnétiques rayonnés directement sur le matériel, il convient d'utiliser une MPF comprenant des écrans spatiaux et/ou des services blindés, associée à des matériels sous enveloppe blindée.

Pour la protection contre les effets des chocs conduits et induits transmis aux matériels par les câblages de connexion, il convient d'utiliser une MPF comprenant des parafoudres coordonnés.

Les défaillances dues à des champs électromagnétiques directs sur les matériels peuvent être considérées comme négligeables si les matériels sont conformes aux essais d'émission et d'immunité RF définis dans les normes de produits CEM correspondantes.

En règle générale, le matériel doit être conforme aux normes de produits CEM correspondantes. Par conséquent, une MPF comprenant une protection coordonnée par parafoudres est généralement considérée comme suffisante pour protéger ce type de matériel contre les effets de l'IEMF.

Pour les matériels non conformes aux normes de produits CEM correspondantes, une simple MPF comprenant une protection coordonnée par parafoudres n'est pas considérée comme appropriée pour protéger ce type de matériel contre les effets de l'IEMF. Dans ce cas, l'Annexe A donne des informations supplémentaires pour réaliser la meilleure protection contre les effets directs des champs électromagnétiques. Le niveau de tenue de ces matériels contre les champs magnétiques rayonnés doit être choisi conformément à la CEI 61000-4-9 et à la CEI 61000-4-10.

Si nécessaire pour des applications spécifiques, il est possible de réaliser en laboratoire un essai de simulation de niveau de protection de réseau comprenant un ou des parafoudres, le câblage d'installation et le matériel considéré afin de vérifier la coordination de la protection.

4.2 Conception de MPF

Des MPF peuvent être conçues pour la protection des matériels contre les chocs et contre les champs électromagnétiques. La Figure 2 fournit quelques exemples de MPF utilisant des mesures de protection, telles que des SPF, des écrans magnétiques et des protections coordonnées par parafoudres:

- des MPF utilisant des écrans spatiaux et une protection coordonnée par parafoudres protègeront contre les champs magnétiques rayonnés et contre les chocs conduits (voir la Figure 2a). Des écrans spatiaux en cascade et des parafoudres coordonnés peuvent réduire le champ magnétique et les chocs à des valeurs inférieures au niveau de menace.
- des MPF utilisant un écran spatial de ZPF 1 et un parafoudre à l'entrée de la ZPF 1 peuvent protéger les matériels contre le champ magnétique rayonné et contre les chocs conduits (voir Figure 2b).

NOTE 1 La protection ne serait pas suffisante si le champ magnétique reste trop élevé (dû à un écran faible de la ZPF 1) ou si le niveau de choc reste trop élevé (en raison d'un niveau de protection du parafoudre trop élevé et des effets d'induction sur le câblage en aval du parafoudre).

- des MPF utilisant les réseaux écrantés, associées à des matériels sous enveloppes écrantées protègeront contre les champs magnétiques rayonnés. Le parafoudre à l'entrée de la ZPF 1 assurera la protection contre les chocs conduits (voir Figure 2c). Pour obtenir un niveau de menace inférieur (en une étape de la ZPF 0 à la ZPF 2), un parafoudre particulier peut être requis (par exemple, étages intérieurs de coordination supplémentaires) pour obtenir un niveau de protection contre la tension suffisamment bas.
- des MPF utilisant une protection coordonnée par parafoudres ne sont efficaces que pour des matériels insensibles aux champs magnétiques rayonnés car les parafoudres

www.TeraStandard.com

n'assurent que la protection contre les chocs conduits (voir Figure 2d). Une protection plus basse peut être réalisée par des parafoudres coordonnés.

NOTE 2 Des solutions conformes aux Figures 2a à 2c sont recommandées particulièrement pour les matériels non conformes aux normes de produits CEM correspondantes.

NOTE 3 Un SPF conforme à la CEI 62305-3, qui utilise uniquement des parafoudres d'équipotentialité, ne fournit aucune protection efficace contre la défaillance des réseaux de puissance et de communication sensibles. Le SPF peut être amélioré en réduisant la taille des mailles et en choisissant des parafoudres appropriés, constituant ainsi un composant efficace des MPF.

4.3 Zones de protection contre la foudre (ZPF)

Selon la menace due à la foudre, les ZPF suivantes sont définies (voir CEI 62305-1):

Zones extérieures:

ZPF 0 Zone mise en danger par le champ électromagnétique de foudre non amorti et où les réseaux internes peuvent être mis en danger par des chocs sous le courant plein ou partiel de la foudre. Une ZPF 0 se subdivise en:

ZPF 0_A zone mise en danger par le coup de foudre direct et par le champ électromagnétique total de foudre. Les réseaux internes peuvent être mis en danger par des chocs sous le courant plein de la foudre.

ZPF 0_B zone protégée contre les coups de foudre directs, mais où le champ électromagnétique total de foudre constitue la menace. Les réseaux internes peuvent être mis en danger par des chocs sous le courant partiel de la foudre.

Zones intérieures: (protégées contre les coups de foudre directs)

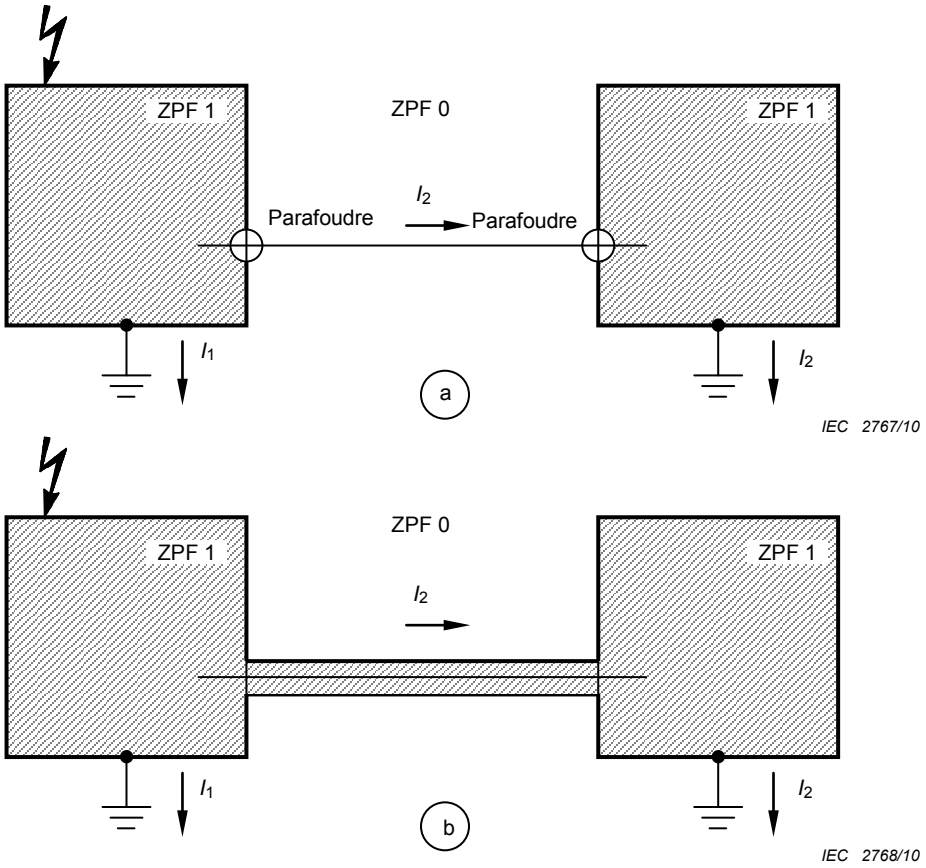
ZPF 1 Zone où le courant de choc est limité par les interfaces de partage et d'isolement du courant et/ou par des parafoudres disposés aux frontières. Un écran spatial peut amortir le champ électromagnétique de foudre.

ZPF 2..n Zone où le courant de choc peut être encore limité par les interfaces de partage et d'isolement du courant et/ou par des parafoudres supplémentaires disposés aux frontières. Un écran spatial additionnel peut être utilisé pour amortir davantage le champ électromagnétique de foudre.

Les ZPF sont mises en œuvre par la mise en place des MPF, par exemple, installation de parafoudres coordonnés et/ou d'un écran magnétique (voir Figure 2). En fonction du nombre, du type et de la tenue des matériels à protéger, une ZPF appropriée peut être définie. Ces zones peuvent inclure des emplacements locaux réduits (par exemple, enveloppes d'un matériel) ou de vastes zones intégrées (par exemple, l'ensemble de la structure) (voir Figure B.2).

L'interconnexion de ZPF de même niveau peut être nécessaire si deux structures séparées sont connectées par des réseaux de puissance ou de communication, ou si le nombre de parafoudres requis doit être réduit (voir Figure 3).

www.TeraStandard.com



NOTE La Figure 3a montre deux ZPF 1 connectées par des réseaux de puissance ou de communication. Il convient de prendre un soin particulier si les deux ZPF 1 représentent des structures séparées avec des prises de terre différentes, distantes de plusieurs dizaines ou centaines de mètres. Dans ce cas, une grande partie du courant de foudre peut s'écouler dans les réseaux interconnectés qui ne sont pas protégés.

Légende

I_1, I_2 courants de foudre partiels

Figure 3a – Interconnexion de deux ZPF 1 utilisant des parafoudres

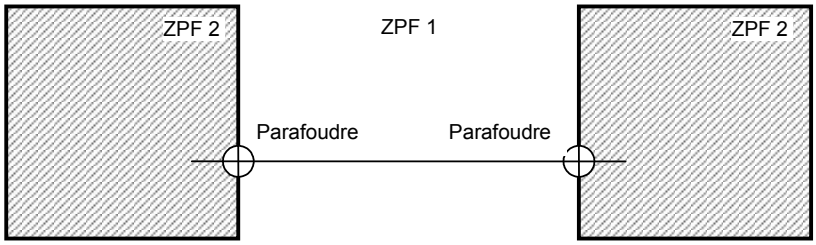
NOTE La Figure 3b montre que ce problème peut être résolu en utilisant des câbles ou des conduits écrantés pour interconnecter les deux ZPF 1, à condition que les écrans soient capables de conduire le courant de foudre partiel. Le parafoudre peut être omis si la chute de tension le long de l'écran n'est pas trop élevée.

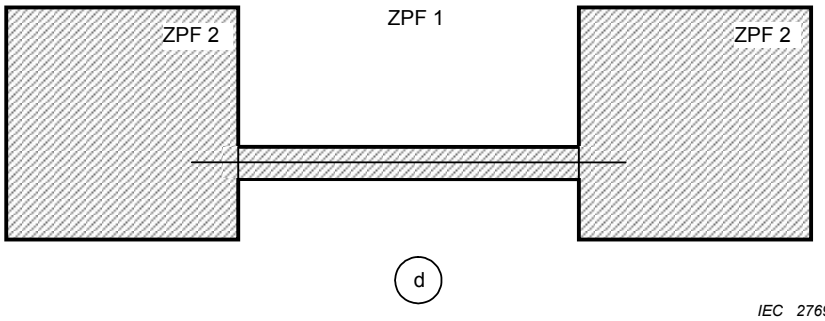
Légende

I_1, I_2 courants de foudre partiels

Figure 3b – Interconnexion de deux ZPF 1 utilisant des câbles ou des conduits écrantés

www.TeraStandard.com





NOTE La Figure 3c montre deux ZPF 2 interconnectées par des réseaux de puissance ou de communication. En raison de l'exposition des réseaux au niveau de menace de ZPF 1, des parafoudres sont requis à l'entrée de chaque ZPF 2.

Figures 3c – Interconnexion de deux ZPF 2 utilisant des parafoudres

NOTE La Figure 3d montre que de telles perturbations peuvent être évitées et que les parafoudres peuvent être omis si les câbles ou conduits écrantés interconnectent les deux ZPF 2.

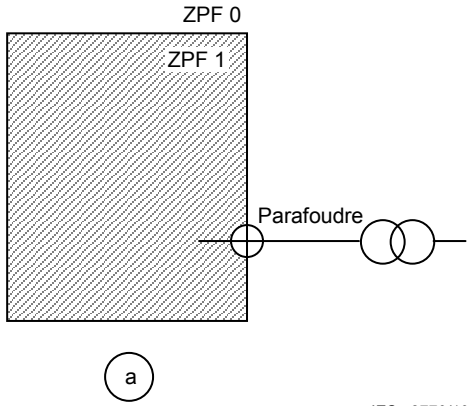
Figure 3d – Interconnexion de deux ZPF 2 utilisant des câbles ou des conduits écrantés

Figure 3 – Exemples de ZPF interconnectées

L'extension d'une ZPF en une nouvelle ZPF peut être nécessaire dans des cas particuliers ou peut encore être utilisée pour réduire le nombre de parafoudres requis (voir Figure 4).

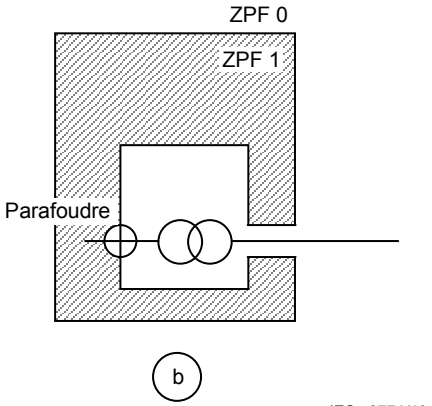
Une évaluation détaillée de l'environnement électromagnétique d'une ZPF est décrite à l'Annexe A.

www.TeraStandard.com



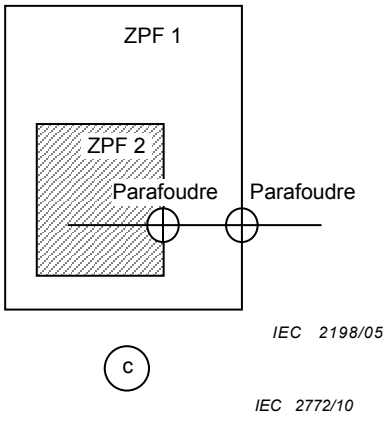
NOTE La Figure 4a montre une structure alimentée par un transformateur. Si le transformateur se trouve à l'extérieur de la structure, seules les lignes basse tension pénétrant dans la structure nécessitent une protection par parafoudre.

Figure 4a – Transformateur à l'extérieur de la structure (dans la ZPF 0)



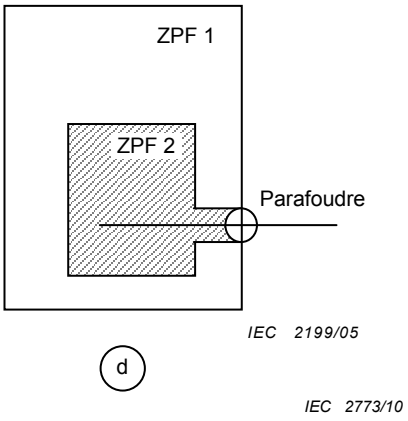
NOTE Si le transformateur se situe à l'intérieur de la structure et ne comporte pas de parafoudre placé du côté haute tension (dans la mesure où le propriétaire du bâtiment n'est généralement pas autorisé à prendre des mesures de protection côté haute tension), alors la Figure 4b s'applique. La Figure 4b montre que le problème peut être résolu en étendant la ZPF 0 dans la ZPF 1, ce qui ne nécessite la présence de parafoudres uniquement du côté basse tension.

Figure 4b – Transformateur à l'intérieur de la structure (ZPF 0 étendue à ZPF 1)



NOTE La Figure 4c montre une ZPF 2 alimentée par un réseau de puissance ou de communication. Ce réseau nécessite deux parafoudres coordonnés: un à la frontière des ZPF 0/1, et l'autre à la frontière des ZPF 1/2.

Figure 4c – Deux parafoudres coordonnés – un parafoudre (entre les zones 0/1) et un parafoudre (entre les zones 1/2) sont nécessaires



NOTE La Figure 4d montre que le réseau peut entrer directement dans la ZPF 2 et seul un parafoudre est requis, si la ZPF 2 est étendue à la ZPF 1 par des câbles ou conduits écrantés. Toutefois, ce parafoudre réduira la menace immédiatement au niveau de la ZPF 2.

Figure 4d – Un seul parafoudre est nécessaire (entre les zones 0/2) (ZPF 2 étendue à ZPF 1)

Figure 4 – Exemples de zones de protection contre la foudre étendues

www.TeraStandard.com

4.4 MPF fondamentales

Les mesures de protection fondamentales contre l'IEMF sont les suivantes:

- **La mise à la terre et les équipotentialités (voir Article 5)**

  La mise à la terre écoule et disperse le courant de foudre à la terre.

  Le réseau d'équipotentialité minimise les différences de potentiel et peut réduire le champ magnétique.

- **Les écrans magnétiques et le cheminement des lignes (voir Article 6)**

  L'écran spatial atténue le champ magnétique dans la ZPF dû à des impacts directs de foudre sur ou près de la structure, et réduit les chocs internes.

  L'écran des réseaux internes utilisant des câbles ou des conduits écrantés minimise les chocs induits dans l'installation.

  Le cheminement des réseaux internes peut minimiser les boucles d'induction et réduire les chocs internes.

  NOTE 1 L'écran spatial, l'écran et le cheminement des réseaux internes peuvent être associés ou utilisés séparément.

  L'écran des réseaux externes pénétrant dans la structure réduit les chocs extérieurs transmis aux réseaux internes connectés.

- **Les parafoudres coordonnés (voir Article 7)**

  Un parafoudre coordonné réduit les effets des chocs extérieurs et intérieurs.

- **Les interfaces d'isolement (voir Article 8)**

  Les interfaces d'isolement limitent les effets des chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF.

Il convient que la mise à la terre et les équipotentialités soient toujours assurées, particulièrement pour chaque service conducteur entrant directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre d'équipotentialité au point d'entrée dans la structure.

D'autres mesures de MPF peuvent être utilisées seules ou en combinaison.

Les mesures de MPF doivent résister aux contraintes de fonctionnement (par exemple, de température, d'humidité, d'atmosphère corrosive, de vibrations, de tension et de courant), susceptibles d'affecter l'emplacement de l'installation.

Le choix des MPF les plus appropriées doit être effectué en utilisant une méthode d'évaluation des risques conformément à la CEI 62305-2, en tenant compte des facteurs techniques et économiques.

Des informations pratiques sur la mise en œuvre des mesures de MPF pour les réseaux internes dans les structures existantes sont données à l'Annexe B.

NOTE 2 Une liaison équipotentielle de foudre (EB) conforme à la CEI 62305-3 protège uniquement contre les étincelles dangereuses. La protection des réseaux internes contre les chocs nécessite une protection coordonnée par parafoudres conforme à la présente norme.

NOTE 3 D'autres informations sur la mise en œuvre de mesures de MPF figurent dans la CEI 60364-4-44.

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

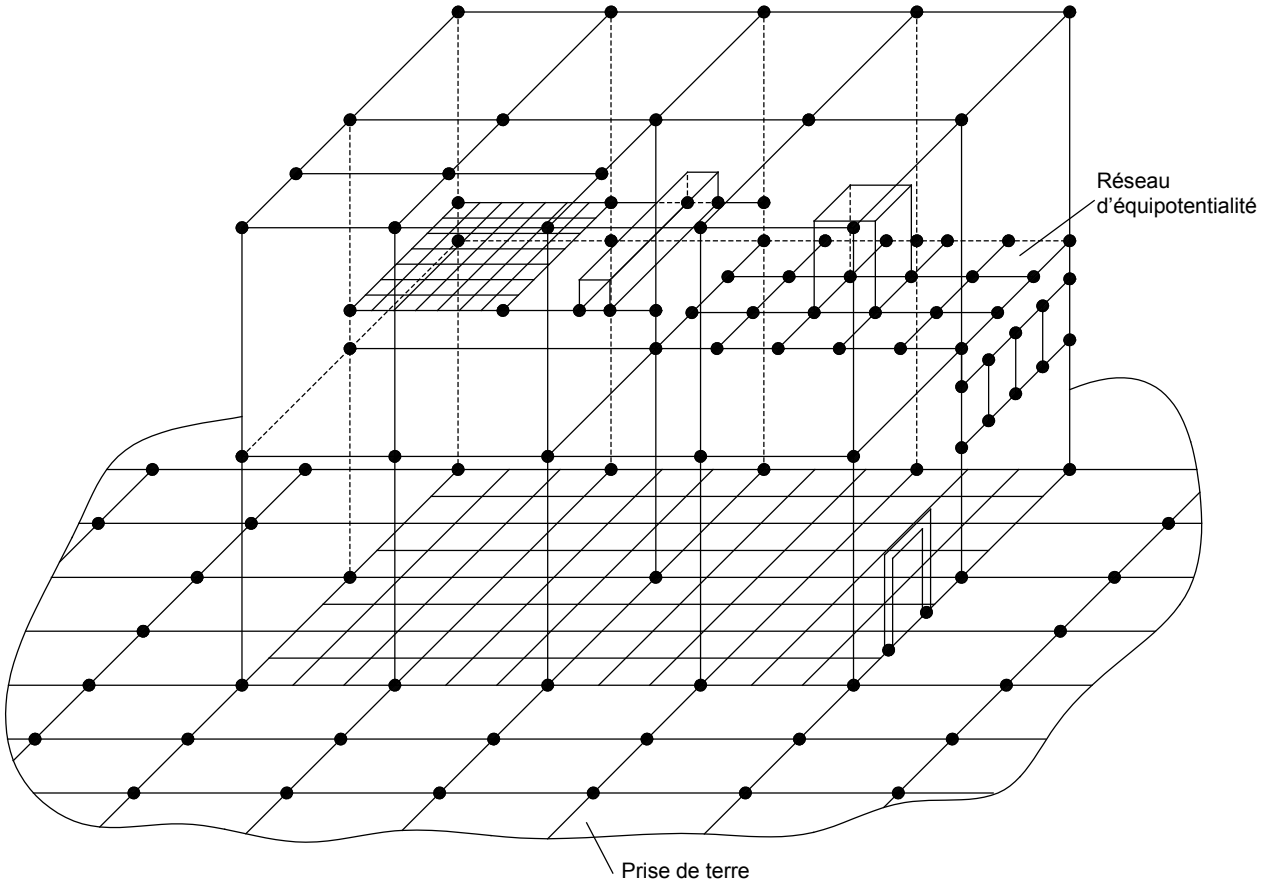
www.TeraStandard.com

5 Mise à la terre et équipotentialité

5.1 Généralités

Une mise à la terre et une équipotentialité appropriées se fondent sur un réseau de terre complet (voir Figure 5) associant

– le réseau de prises de terre (écoulant le courant de foudre dans le sol), et
– le réseau d'équipotentialité (minimisant les différences de potentiel et réduisant le champ magnétique).



NOTE Tous les conducteurs de descente sont des éléments métalliques de structure reliés ou des conducteurs d'équipotentialité. Certains d'entre eux peuvent également servir à intercepter, écouler et disperser le courant de foudre à la terre.

Figure 5 – Exemple de réseau de mise à la terre tridimensionnel constitué du réseau d'équipotentialité interconnecté avec le réseau de prises de terre

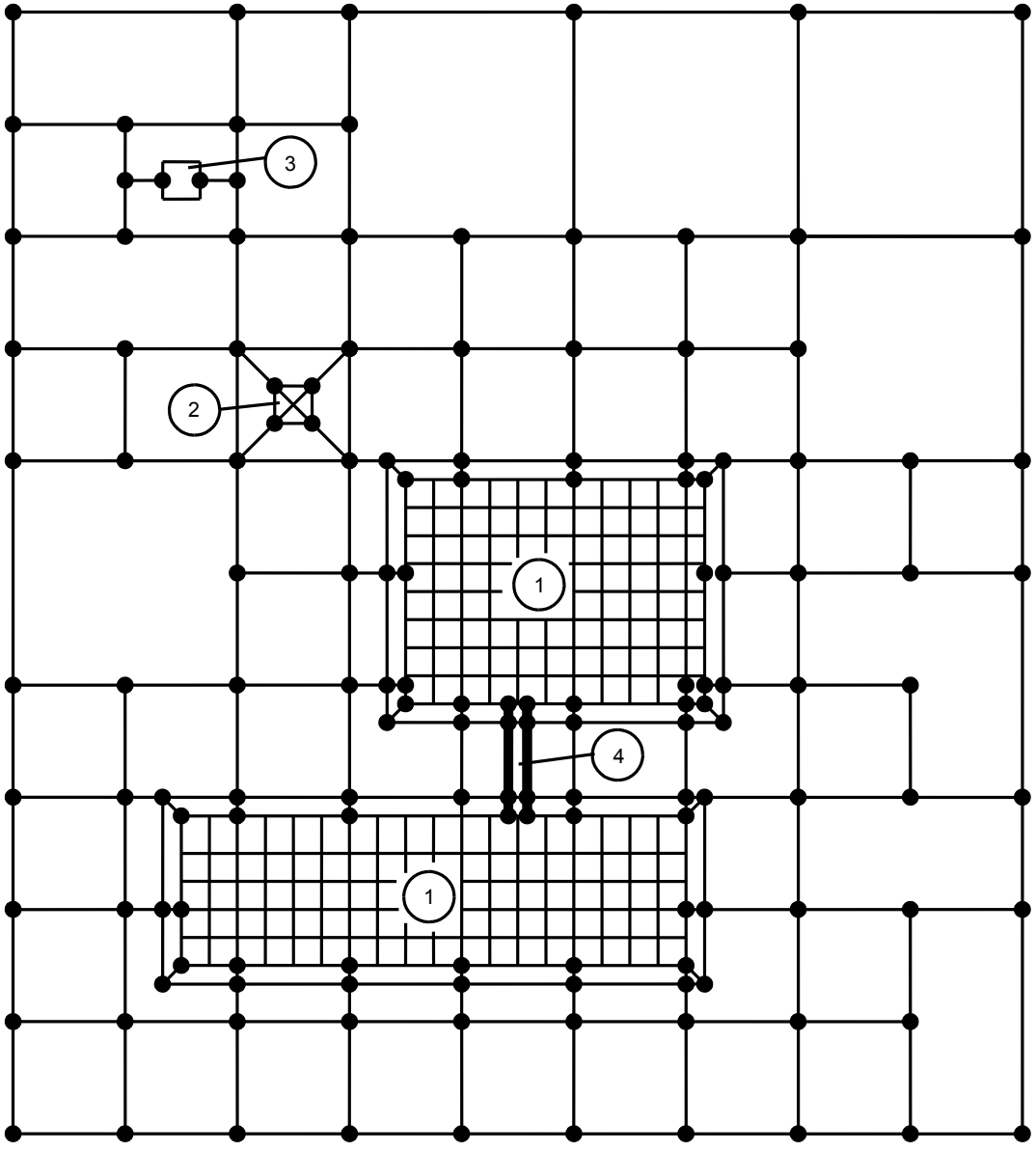
5.2 Réseau de prises de terre

Le réseau de prises de terre de la structure doit être conforme à la CEI 62305-3. Dans des structures où seuls des réseaux de puissance existent, une disposition de prises de terre de type A peut être utilisée, mais une disposition de prises de terre de type B est préférable. Dans des structures intégrant des réseaux de communication, une disposition de prises de terre de type B est recommandée.

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

www.TeraStandard.com

Il convient que la prise de terre en boucle autour de la structure, ou celle dans le béton à la périphérie de la base, soit intégrée à un réseau maillé dessous et autour de la structure, d'une largeur de maille typique de 5 m. Cela améliore grandement les performances du réseau de prises de terre. Les armatures du béton dans le sol formant un maillage interconnecté bien défini, connecté au réseau de prises de terre, généralement tous les 5 m, assurent les mêmes performances. Un exemple de réseau de prises de terre maillé d'une implantation est illustré à la Figure 6.



IEC 2775/10

Légende

1 bâtiment avec réseau maillé des armatures
2 tour dans l'implantation
3 équipement isolé
4 chemin de câbles

Figure 6 – Réseau de prises de terre maillé d'une implantation

Pour réduire les différences de potentiel entre deux réseaux internes pouvant dans certains cas particuliers être connectés à des réseaux de prises de terre différents, les méthodes suivantes peuvent être appliquées:

www.TeraStandard.com

– plusieurs conducteurs d'équipotentialité parallèles dans les mêmes cheminements que les câbles électriques, ou les câbles enfermés dans des conduits en béton armé en grille (ou présentant une continuité métallique) intégrés dans les deux réseaux de prises de terre;
– utilisation de câbles écrantés dont l'écran présente une section adéquate, reliés aux deux extrémités aux prises de terre distinctes.

5.3 Réseau d'équipotentialité

Un réseau d'équipotentialité de faible impédance est nécessaire pour éviter des différences de potentiel dangereuses entre tous les matériels situés dans la ZPF intérieure. De plus, un tel réseau réduit aussi le champ magnétique (voir l'Annexe A).

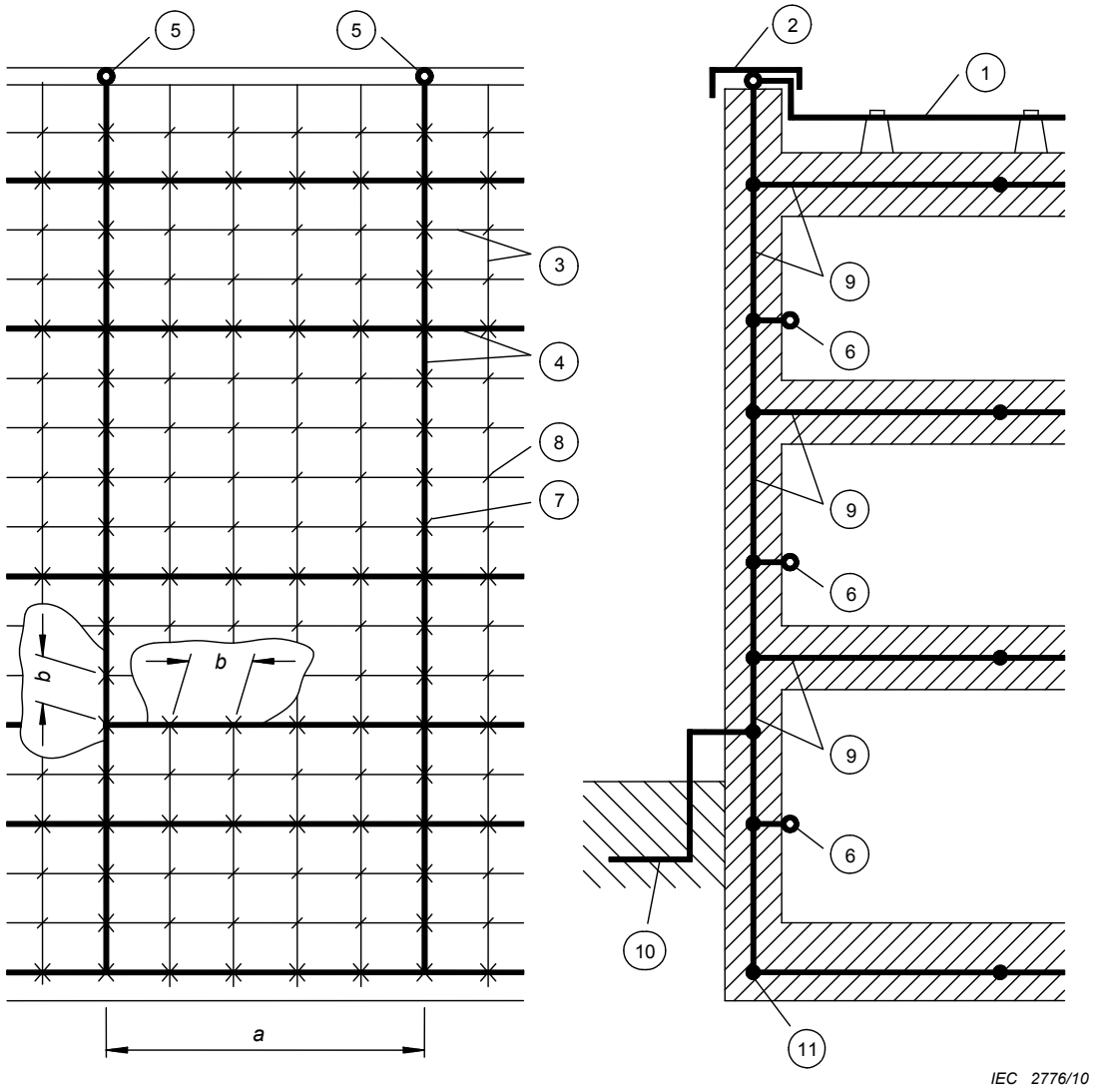
Cela peut être réalisé par un réseau d'équipotentialité maillé incorporant les parties conductrices de la structure, ou celles des réseaux internes, et en mettant à la terre les parties métalliques ou les services conducteurs à la frontière de chacune des ZPF directement ou indirectement par des parafoudres appropriés.

Le réseau d'équipotentialité peut être réalisé comme une structure maillée tridimensionnelle avec une taille de maille typique de 5 m (voir Figure 5). Cela nécessite de multiples interconnexions des éléments métalliques dans et sur la structure (tels qu'armatures du béton, rails d'ascenseurs, grues, toitures métalliques, façades métalliques, cadres métalliques de fenêtres et de portes, de planchers, canalisations et chemins de câbles). Les barres d'équipotentialité (par exemple, ceinturages, plusieurs barres d'équipotentialité à différents niveaux de la structure) et les écrans magnétiques de la ZPF doivent être intégrés de la même façon.

Des exemples de réseaux d'équipotentialité sont donnés dans les Figures 7 et 8.

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

www.TeraStandard.com



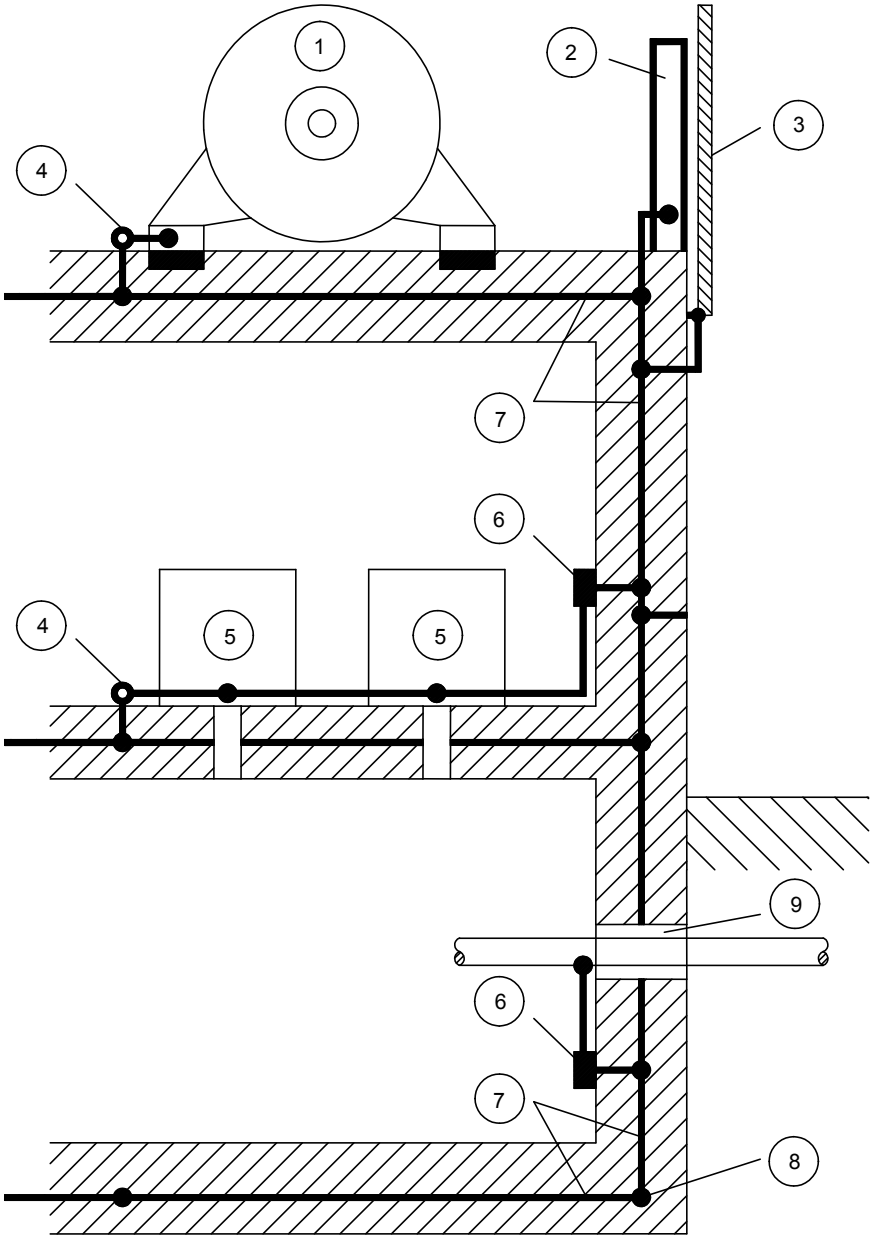
Légende

1 conducteur de capture
2 revêtement métallique du parapet
3 tiges en acier de renfort
4 conducteurs maillés en complément des armatures
5 borne du conducteur maillé
6 borne pour une barre d'équipotentialité interne
7 connexion par soudure ou par serrage
8 connexion arbitraire
9 armature en acier du béton (avec conducteurs maillés complémentaires)
10 prise de terre en boucle (le cas échéant)
11 prise de terre à fond de fouille

a distance typique de 5 m pour des conducteurs maillés complémentaires
b distance typique de 1 m pour la connexion de ce réseau maillé avec les armatures

Figure 7 – Utilisation des tiges d'armature d'une structure pour une liaison équipotentielle

www.TeraStandard.com



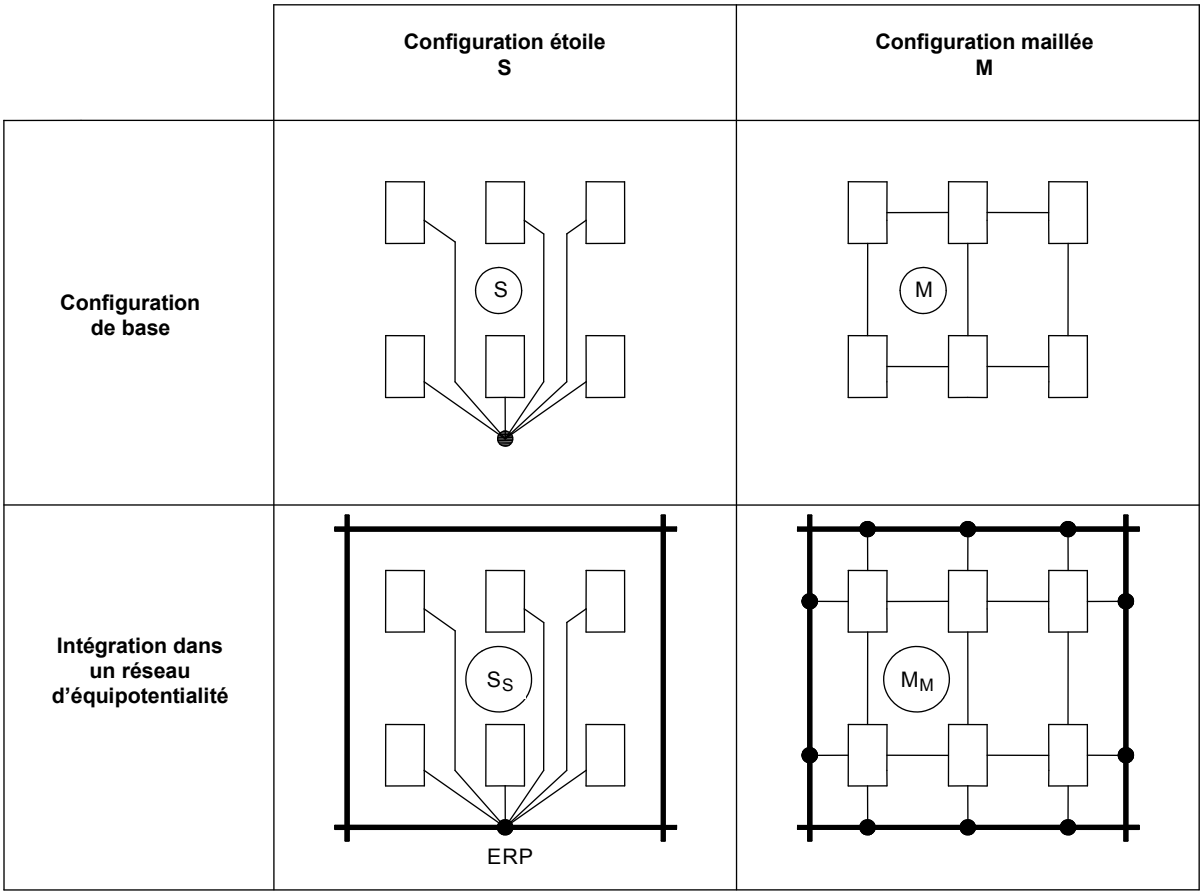
Légende

1 matériel électrique de puissance
2 poutre métallique
3 revêtement métallique de la façade
4 connexion d'équipotentialité
5 matériel électrique ou électronique
6 barre d'équipotentialité
7 armature en acier du béton (avec conducteurs maillés complémentaires)
8 prise de terre à fond de fouille
9 point d'entrée commun de différents services

Figure 8 – Liaison équipotentielle dans une structure avec armature en acier

www.TeraStandard.com

Les parties conductrices (par exemple, armoires, enveloppes, tiroirs) et le conducteur de protection des circuits (PE) des réseaux internes doivent être mis à la terre au réseau d'équipotentialité conformément aux configurations suivantes (voir Figure 9):



Légende

réseau d'équipotentialité

conducteur d'équipotentialité

matériel

jonction au réseau d'équipotentialité

ERP (*earthing reference point*) point de référence terre

S_s configuration étoile intégrée dans un point étoile

M_M configuration maillée intégrée dans une maille

Figure 9 – Intégration des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité

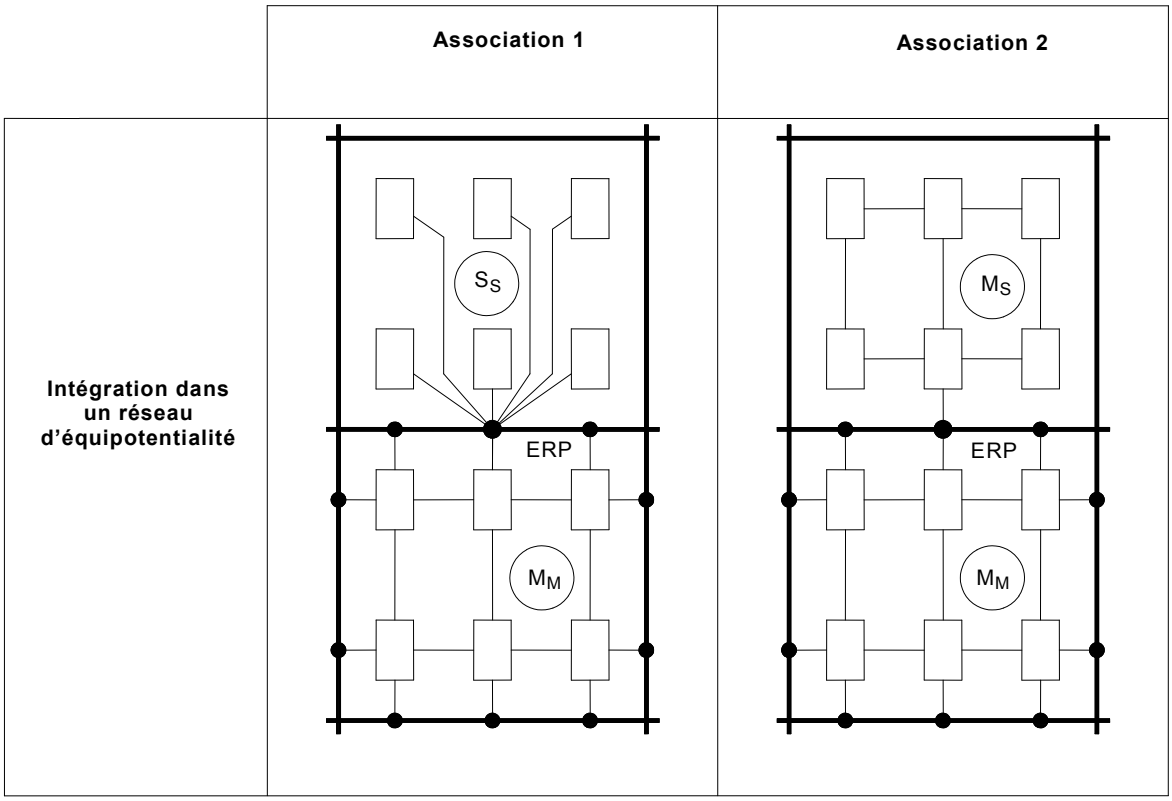
Si la configuration étoile S est utilisée, tous les éléments métalliques (par exemple, armoires, enveloppes, tiroirs) des réseaux internes doivent être isolés par rapport au réseau de mise à la terre. La configuration étoile S ne doit être intégrée que dans le réseau de mise à la terre utilisant une seule barre d'équipotentialité agissant comme le point de référence terre (ERP), résultant en un type S_S. Dans ce cas, tous les câbles d'alimentation entre chaque matériel doivent cheminer parallèlement, et à proximité, des conducteurs d'équipotentialité suivant la

www.TeraStandard.com

configuration étoile, afin d'éviter des boucles d'induction. La configuration étoile S peut être utilisée lorsque les réseaux internes sont situés dans des zones relativement petites et lorsque toutes les lignes pénètrent dans la zone en un seul point.

Si la configuration maillée M est utilisée, les éléments métalliques (par exemple, armoires, enveloppes, tiroirs) des réseaux internes ne doivent pas être isolés du réseau de mise à la terre, mais doivent être intégrés dans une mise à la terre en une multitude de points, résultant en un type M_M. La configuration M est préférée pour des réseaux internes étendus à des zones relativement larges ou pour l'ensemble d'une structure, avec de nombreuses interconnexions entre matériels et lorsque les lignes pénètrent dans la structure en plusieurs points.

Dans des systèmes complexes, les avantages des deux configurations (M et S) peuvent être associés comme illustré à la Figure 10, entraînant l'association 1 (S_s associée à M_M) ou l'association 2 (M_s associée à M_M).



IEC 2779/10

Légende

réseau d'équipotentialité

conducteur d'équipotentialité

matériel

jonction au réseau d'équipotentialité

ERP (*earthing reference point*) point de référence terre

S_s configuration étoile intégrée dans un point étoile

M_M configuration maillée intégrée dans une maille

M_S configuration maillée intégrée par un point étoile

Figure 10 – Associations de méthodes d'incorporation des parties conductrices des réseaux internes dans le réseau d'équipotentialité

www.TeraStandard.com

5.4 Barres d'équipotentialité

Les barres d'équipotentialité doivent être installées pour la liaison équipotentielle

– de tous les services conducteurs entrant dans une ZPF (directement ou par parafoudres appropriés),
– du conducteur de terre de protection PE,
– des éléments métalliques des réseaux internes (par exemple, armoires, enveloppes, tiroirs),
– des écrans magnétiques de la ZPF à la périphérie et à l'intérieur de la structure.

Pour l'efficacité de l'équipotentialité, les règles d'installation suivantes sont importantes:

– un réseau d'équipotentialité à faible impédance constitue la base de toutes les mesures d'équipotentialité,
– il convient de connecter les barres d'équipotentialité à la prise de terre par le chemin le plus court,
– les matériaux et dimensions des barres et des conducteurs d'équipotentialité doivent satisfaire à 5.6,
– il convient de placer les parafoudres de manière à utiliser les connexions les plus courtes possible avec la barre d'équipotentialité, ainsi qu'avec les conducteurs sous tension, réduisant ainsi au minimum les chutes de tension inductive,
– il convient, du côté protégé du circuit (en aval d'un parafoudre), de minimiser les effets d'induction mutuelle, soit en réduisant les boucles d'induction, soit en utilisant des câbles ou des conduits écrantés.

5.5 Equipotentialité à la frontière d'une ZPF

Lorsqu'une ZPF est définie, une équipotentialité doit être prévue pour toutes les parties métalliques et tous les services (par exemple, canalisations métalliques, réseaux de puissance ou de communication) pénétrant la frontière de la ZPF.

NOTE Il convient que la liaison équipotentielle des services entrant dans la ZPF 1 soit négociée avec les opérateurs des réseaux concernés (par exemple, de puissance ou de télécommunication), afin d'éviter des exigences conflictuelles.

L'équipotentialité doit être effectuée à l'aide de barres de même nature, disposées aussi près que possible du point de pénétration à la frontière.

Dans toute la mesure du possible, il convient que les services entrants pénètrent dans la ZPF au même point et soient connectés à la même barre d'équipotentialité. Si les services pénètrent en plusieurs points d'une ZPF, chaque service doit être connecté à une barre d'équipotentialité et les diverses barres doivent être interconnectées. A cette fin, un ceinturage d'équipotentialité (conducteur de ceinturage) est recommandé.

Les parafoudres d'équipotentialité sont toujours exigés au point d'entrée dans la ZPF afin de connecter les lignes entrantes, reliées aux réseaux internes dans la ZPF, à la barre d'équipotentialité. Le nombre de parafoudres requis peut être réduit en utilisant une ZPF interconnectée ou étendue.

Les câbles écrantés ou les conduits métalliques interconnectés, mis à la terre à chaque frontière de la ZPF, peuvent être utilisés pour l'interconnexion de plusieurs ZPF proches de même niveau, ou pour étendre une ZPF à la frontière suivante.

www.TeraStandard.com

5.6 Matériaux et dimensions des éléments d'équipotentialité

Les matériaux, les dimensions et les conditions d'utilisation doivent être conformes à la CEI 62305-3. La section minimale des éléments d'équipotentialité doit être conforme aux valeurs du Tableau 1 ci-dessous.

Les fixations doivent être dimensionnées conformément aux valeurs du courant de foudre du niveau de protection contre la foudre (voir la CEI 62305-1) et à l'analyse du partage du courant (voir la CEI 62305-3).

Les parafoudres doivent être dimensionnés conformément à l'Article 7.

Tableau 1 – Sections minimales des éléments d'équipotentialité

Elément d'équipotentialité		Matériau [a]	Section [b] mm^2
Barres d'équipotentialité (cuivre, acier à revêtement en cuivre ou acier galvanisé)		Cu, Fe	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et la prise de terre ou entre les autres barres d'équipotentialité (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre)		Cu Al Fe	16 25 50
Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (transportant un courant de foudre partiel)		Cu Al Fe	6 10 16
Conducteurs de mise à la terre avec le parafoudre (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre) [c]	Classe I Classe II Classe III Autres parafoudres [d]	Cu	16 6 1 1

[a] Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections assurant une résistance équivalente.

[b] Dans certains pays, il est possible d'utiliser des conducteurs de plus petites dimensions, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques- voir la CEI 62305-1:2010, Annexe D.

[c] Pour les parafoudres utilisés dans des applications de puissance, des informations complémentaires relatives aux conducteurs de connexion sont données dans la CEI 60364-5-53 et dans la CEI 61643-12.

[d] Les autres parafoudres incluent les parafoudres utilisés dans les réseaux de télécommunication et de signalisation

6 Ecrans magnétiques et cheminement

6.1 Généralités

Les écrans magnétiques peuvent réduire le champ électromagnétique, ainsi que l'ampleur des chocs internes induits. Un cheminement approprié des lignes internes peut aussi minimiser l'ampleur des chocs internes induits. Les deux mesures sont efficaces pour la réduction des défaillances permanentes des réseaux internes.

6.2 Ecran spatial

Les écrans spatiaux définissent des zones protégées, qui peuvent couvrir l'ensemble de la structure, une de ses parties, un local seul ou l'enveloppe de matériel seule. Il peut s'agir d'écrans métalliques en grille ou continus, ou de l'utilisation de « composants naturels » de la structure elle-même (voir la CEI 62305-3).

Des écrans spatiaux sont envisageables dans les cas où il est plus pratique et utile de protéger une zone définie de la structure et non plusieurs matériels. Il convient de prévoir des écrans spatiaux dès l'étude préliminaire d'une structure neuve ou d'un nouveau réseau

www.TeraStandard.com

interne. L'amélioration d'installations existantes peut entraîner des coûts plus élevés et des difficultés techniques plus importantes.

6.3 Ecran des lignes internes

L'écran peut être limité au câblage et aux matériels du réseau à protéger: écran métallique des câbles, conduits métalliques fermés et enveloppes métalliques des matériels sont utilisés à cette fin.

6.4 Cheminement des lignes internes

Un cheminement approprié des lignes internes minimise les boucles d'induction et réduit la génération de surtensions internes dans la structure. La surface de boucle peut être minimisée par un cheminement des câbles adjacent aux composants naturels de la structure mis à la terre et/ou par un cheminement adjacent des réseaux de puissance et de communication.

NOTE Une certaine distance de séparation entre réseaux de puissance et réseaux de communication non écrantés peut toujours être nécessaire pour éviter des perturbations.

6.5 Ecran des lignes externes

L'écran des lignes externes pénétrant dans la structure comprend l'écran des câbles, les conduits métalliques fermés ou en béton armé avec armatures interconnectées. L'écran des lignes externes est utile, mais souvent en dehors de la responsabilité du concepteur des MPF (car le propriétaire des lignes externes est généralement le fournisseur de réseau).

6.6 Matériaux et dimensions des écrans magnétiques

A la frontière des zones ZPF 0_A et ZPF 1, les matériaux et les dimensions des écrans magnétiques (par exemple, écrans spatiaux en grille, écrans de câbles ou enveloppes de matériel) doivent satisfaire aux exigences de la CEI 62305-3 relatives aux conducteurs de capture et/ou de descente. En particulier:

– l'épaisseur minimale des feuilles métalliques, des conduits, des canalisations et des écrans des câbles doit satisfaire aux valeurs du Tableau 3 de la CEI 62305-3:2010;

– la configuration des écrans spatiaux en grille et la section minimale de leurs conducteurs, doivent satisfaire aux valeurs du Tableau 6 de la CEI 62305-3:2010.

Il n'est pas nécessaire que les dimensions des écrans magnétiques non destinés à conduire les courants de foudre soient conformes aux valeurs des Tableaux 3 et 6 de la CEI 62305-3:2010:

– à la frontière des ZPF 1/2 ou au-dessus, à condition que la distance de séparation, *s,* entre les écrans magnétiques et le SPF soit respectée (voir 6.3 de la CEI 62305-3:2010),

– à la frontière de toute ZPF, si le nombre d'événements dangereux N_D dus aux impacts de foudre sur la structure est négligeable, c'est-à-dire $N_D < 0{,}01$ par an.

7 Parafoudres coordonnés

La protection des réseaux internes contre les chocs nécessite une approche systématique consistant en l'utilisation de parafoudres coordonnés à la fois pour les réseaux de puissance et de communication. Les principes de choix et de mise en œuvre des parafoudres coordonnés sont similaires pour les réseaux de puissance et de communication (voir l'Annexe C).

Dans des MPF utilisant le concept de zones de protection contre la foudre avec plus d'une zone intérieure (ZPF 1, ZPF 2 et plus), le(s) parafoudre(s) doi(ven)t être placé(s) au point d'entrée des lignes dans chaque ZPF (voir Figure 2).

www.TeraStandard.com

Dans des MPF utilisant seulement une ZPF 1, un parafoudre doit être placé au moins au point d'entrée de la ligne dans la ZPF 1.

Dans les deux cas, des parafoudres complémentaires peuvent être exigés si la distance entre l'emplacement du parafoudre et le matériel protégé est trop longue (voir l'Annexe C).

Les exigences d'essai des parafoudres doivent être conformes à

– la CEI 61643-1 pour les réseaux de puissance,
– la CEI 61643-21 pour les réseaux de signaux et de télécommunication.

L'Annexe C donne des informations sur le choix et la mise en œuvre des parafoudres coordonnés. Le choix et la mise en œuvre des parafoudres coordonnés doivent satisfaire à

– la CEI 61643-12 et la CEI 60364-5-53 pour la protection des réseaux de puissance,
– la CEI 61643-22 pour la protection des réseaux de signaux et de télécommunication.

Des informations et des lignes directrices sur l'ampleur des chocs dus à la foudre pour le dimensionnement des parafoudres en divers points de l'installation dans la structure, sont données à l'Annexe D de la présente norme et à l'Annexe E de la CEI 62305-1:2010.

8 Interfaces d'isolement

Les interfaces d'isolement peuvent être utilisées pour réduire les effets de l'IEMF. La protection de ce type d'interfaces contre des surtensions peut, si nécessaire, être réalisée en utilisant des parafoudres. Le niveau de tenue de l'interface d'isolement et le niveau de protection U_P contre les surtensions du parafoudre doivent être coordonnés avec les catégories de surtension de la CEI 60664-1.

NOTE Le domaine d'application de la présente partie de la CEI 62305 traite de la protection du matériel dans la structure et non de la protection des structures interconnectées auxquelles le transformateur d'isolement peut apporter certains avantages.

9 Gestion d'une MPF

9.1 Généralités

Afin d'obtenir un système de protection efficace et rentable, il convient que la conception soit réalisée pendant la conception et avant la construction du bâtiment. Ainsi, il est possible d'optimiser l'utilisation des composants naturels de la structure et de choisir le meilleur compromis pour l'emplacement des circuits et des matériels.

Pour l'amélioration de structures existantes, le coût de la MPF est généralement plus élevé que pour des structures neuves. Toutefois, il est possible de minimiser le coût par un choix approprié des ZPF et en utilisant les installations existantes ou en les améliorant.

Une protection appropriée ne peut être réalisée que si

– des dispositions sont définies par un expert en protection contre la foudre,
– une excellente coordination existe entre les différents experts impliqués dans la construction du bâtiment et la MPF (par exemple, ingénieurs civils et électriciens),
– le plan de gestion présenté en 9.2 est suivi.

Les MPF doivent être maintenues par inspection et par entretien. Après réalisation de modifications importantes de la structure ou des moyens de protection, il convient d'effectuer une nouvelle évaluation des risques.

www.TeraStandard.com

9.2 Plan de gestion d'une MPF

La planification et la coordination des MPF requièrent un plan de gestion (voir Tableau 2), qui commence par une évaluation initiale des risques (CEI 62305-2) pour déterminer les mesures de protection nécessaires pour réduire le risque à un niveau tolérable. Pour cela, les zones de protection contre la foudre doivent être définies.

Conformément aux niveaux de protection contre la foudre définis dans la CEI 62305-1, et les mesures de protection à adopter, les étapes suivantes doivent être réalisées:

– un réseau de mise à la terre, comprenant un réseau d'équipotentialité et un réseau de prises de terre, doit être prévu;

– les parties métalliques externes et les services entrants doivent être mis à la terre soit directement, soit par des parafoudres appropriés;

– le réseau interne doit être intégré au réseau d'équipotentialité;

– l'écran spatial associé au cheminement et au blindage peut être mis en place;

– les exigences concernant les parafoudres coordonnés doivent être déterminées;

– le caractère approprié des interfaces d'isolement doit être déterminé;

– pour les structures existantes, des mesures particulières peuvent être nécessaires (voir l'Annexe B).

Après cela, il convient que le rapport coût/bénéfice pour les mesures de protection choisies soit réévalué et optimisé en utilisant à nouveau la méthode d'évaluation des risques.

www.TeraStandard.com

Tableau 2 – Plan de gestion des MPF pour des bâtiments neufs et pour des modifications importantes dans la construction ou l'utilisation de bâtiments

Etape	But	Action à effectuer par
Analyse préliminaire du risque [a]	Vérification de la nécessité de protection contre l'IEMF Si nécessaire, choix des mesures de MPF appropriées par la méthode d'évaluation des risques Vérification de la réduction du risque après réalisation de chaque mesure de protection successive	Expert en protection contre la foudre [b] Propriétaire
Analyse finale du risque [a]	Il convient que le rapport coût/bénéfice pour les mesures de protection choisies soit optimisé en utilisant de nouveau la méthode d'évaluation des risques Comme résultat, sont définis: - le niveau de protection contre la foudre et les paramètres de foudre - les ZPF et leurs frontières	Expert en protection contre la foudre [b] Propriétaire
Planification d'une MPF	Définition d'une MPF: - mesures d'écran spatial - réseaux d'équipotentialité - réseaux de prises de terre - écrans des lignes et cheminement - écran des services entrants - protection coordonnée par parafoudres - interface d'isolement	Expert en protection contre la foudre Propriétaire Architecte Concepteurs des réseaux internes Concepteurs des installations considérées
Conception d'une MPF	Schémas généraux et descriptions Préparation des listes de pièces Schémas détaillés et projets d'installation	Bureau d'études ou équivalent
Installation de la MPF y compris le contrôle	Qualité de l'installation Documentation Révision éventuelle des schémas détaillés	Expert en protection contre la foudre Installateur de la MPF Bureau d'études Contrôleur
Approbation de la MPF	Vérification et documentation de l'état du réseau	Expert en protection contre la foudre indépendant Contrôleur
Inspections périodiques	Vérification de la conformité de la MPF	Expert en protection contre la foudre Contrôleur
[a] Voir la CEI 62305-2. [b] Ayant une vaste connaissance de la CEM et des règles d'installation.		

9.3 Inspection d'une MPF

9.3.1 Généralités

L'inspection comprend la vérification de la documentation technique, les vérifications visuelles et les mesures d'essai. L'objectif d'une inspection consiste à vérifier que

– la MPF est conforme à sa conception,

--`,,`,,,``,``,```,,`,,``,,``,-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com

– la MPF est apte à remplir sa fonction prévue,
– toute nouvelle mesure de protection supplémentaire est intégrée de manière correcte dans la MPF.

Les inspections doivent être effectuées

– lors de l'installation de la MPF,
– après l'installation de la MPF,
– périodiquement,
– après toute modification de composants relatifs à la MPF,
– si possible après un coup de foudre sur la structure (identifié par exemple par un compteur de foudre ou par un témoin, ou encore si un dommage lié à la foudre est constaté visuellement sur la structure).

La fréquence des inspections périodiques doit être fixée selon les considérations suivantes:

– l'environnement local, tel que des sols corrosifs ou une atmosphère corrosive;
– le type de mesures de protection utilisées.

NOTE En l'absence d'exigences spécifiques identifiées par la juridiction compétente, il est recommandé d'utiliser les valeurs données dans le Tableau E.2 de la CEI 62305-3:2010.

9.3.2 Procédure d'inspection

9.3.2.1 Vérification de la documentation technique

Après l'installation d'une nouvelle mesure MPF, la documentation technique doit être vérifiée pour contrôler sa conformité avec les normes appropriées, et constater l'achèvement du système. Par suite, la documentation technique doit être mise à jour d'une façon régulière, par exemple, après toute détérioration ou extension de la MPF.

9.3.2.2 Inspection visuelle

Une inspection visuelle doit être réalisée pour vérifier que

– les connexions sont serrées et qu'aucune rupture accidentelle de conducteur ou de jonction n'existe,
– aucune partie du système n'est fragilisée par la corrosion, particulièrement au niveau du sol,
– les conducteurs d'équipotentialité et les écrans de câbles sont intacts et interconnectés;
– il n'existe pas d'ajouts ou de modifications nécessitant des mesures de protection complémentaires,
– il n'y a aucune indication de dommage occasionné sur les parafoudres, et leurs fusibles ou leurs sectionneurs,
– des cheminements de câbles appropriés sont maintenus,
– les distances de sécurité par rapport aux écrans spatiaux sont maintenues.

9.3.2.3 Mesures

Pour les parties d'un réseau de mise à la terre et d'équipotentialité non visibles lors de l'inspection, il convient d'effectuer une mesure de continuité électrique.

NOTE Si un parafoudre ne comporte aucun indicateur visuel (drapeau), des mesures doivent être effectuées conformément aux instructions du fabricant visant à confirmer son état de fonctionnement, si cela est exigé.

www.TeraStandard.com

9.3.3 Documentation pour l'inspection

Il convient de préparer un guide d'inspection pour en faciliter le processus. Il convient que le guide contienne suffisamment d'informations pour aider l'inspecteur dans sa tâche, de manière qu'il puisse documenter tous les aspects de l'installation et des composants, les méthodes d'essai et les données d'essai enregistrées.

L'inspecteur doit préparer un rapport qui doit être annexé à la documentation technique et aux précédents rapports d'inspection. Le rapport d'inspection doit comporter les informations relatives

– à l'état général de la MPF,
– à tout(s) écart(s) par rapport à la documentation technique,
– au résultat des mesures éventuelles effectuées.

9.4 Maintenance

Après l'inspection, tous les défauts relevés doivent être rectifiés sans délai. Si nécessaire, la documentation technique doit être mise à jour.

www.TeraStandard.com

Annexe A
(informative)

Eléments essentiels pour l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF

A.1 Généralités

L'Annexe A fournit des informations pour l'évaluation de l'environnement électromagnétique dans une ZPF qui peuvent être utilisées, à la fois pour la protection contre l'IEMF, et pour la protection contre les perturbations électromagnétiques.

A.2 Dégradation par la foudre des réseaux de puissance et de communication

A.2.1 Source de dégradation

La source primaire de dégradation est le courant de foudre et son champ magnétique associé, ce dernier ayant la même forme d'onde que le courant de foudre.

NOTE Pour la protection, l'influence du champ électrique de foudre est habituellement mineure.

A.2.2 Victimes des dégradations

Les victimes des dégradations sont les réseaux internes dans et sur la structure, qui présentent une immunité limitée contre les chocs et les champs magnétiques et qui peuvent être soumis aux effets de la foudre et à leurs champs magnétiques associés.

Les réseaux à l'extérieur de la structure peuvent être mis en danger par le champ magnétique non amorti et, éventuellement par les coups de foudre directs s'ils sont mis en œuvre dans des emplacements exposés.

Les réseaux installés dans la structure peuvent être mis en danger par le champ magnétique restant amorti, par les chocs internes conduits ou induits et par les chocs externes conduits par les lignes entrantes.

Pour les informations relatives aux niveaux de tenue de l'installation, les normes suivantes s'appliquent:

- le niveau de tension assignée de choc de l'installation de puissance est défini dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007. Le niveau de tenue est défini par la tension de tenue assignée de choc 1,5 kV – 2,5 kV – 4 kV et 6 kV pour les réseaux 230/400 V et 277/480 V;
- le niveau de tenue des matériels de communication est défini dans les UIT-T K.20 [3], K.21 [4] et K.45 [5].

Le niveau de tenue des matériels est généralement défini dans les spécifications des produits d'accompagnement ou peut être soumis à essai

- contre les chocs conduits en appliquant la CEI 61000-4-5, avec des niveaux d'essai en tension: 0,5 kV – 1 kV – 2 kV – 4 kV avec une forme d'onde de 1,2/50 μs et avec des niveaux d'essai en courant: 0,25 kV - 0,5 kV – 1 kV – 2 kA avec une forme d'onde de 8/20 μs,

NOTE Pour que certains matériels satisfassent aux exigences de la norme ci-dessus, ils peuvent comporter des parafoudres intégrés. Les caractéristiques de ces parafoudres internes peuvent affecter les exigences de coordination.

www.TeraStandard.com

- contre les champs magnétiques en appliquant la CEI 61000-4-9 avec les niveaux d'essai suivants: 100 A/m – 300 A/m – 1 000 A/m avec une forme d'onde de 8/20 µs et en appliquant la CEI 61000-4-10 avec les niveaux d'essai suivants: 10 A/m – 30 A/m – 100 A/m à 1 MHz.

Les matériels non conformes aux essais d'émissions rayonnées à radio fréquence (RF) et aux essais d'immunité tels que définis dans les normes de produits CEM appropriées, peuvent être exposés à un risque dû aux champs magnétiques rayonnés. D'autre part, la défaillance d'un matériel conforme à ces normes peut être négligée.

A.2.3 Mécanismes de couplage entre victime et source de dégradation

Le niveau de tenue du matériel doit être compatible avec la source de dégradation. Pour cela, les mécanismes de couplage doivent être contrôlés de manière appropriée, par l'amélioration des zones de protection contre la foudre (ZPF).

A.3 Ecran spatial, cheminement et blindage des lignes

A.3.1 Généralités

Le champ magnétique occasionné à l'intérieur d'une ZPF par des coups de foudre directs ou proches de la structure ne peut être réduit que par un écran spatial des ZPF. Les chocs induits dans les réseaux de communication peuvent être minimisés soit par écran spatial, soit par cheminement et blindage ou par association des deux méthodes.

La Figure A.1 constitue un exemple d'IEMF en cas d'impact de foudre sur la structure et montre les zones de protection contre la foudre ZPF 0, ZPF 1 et ZPF 2. Le réseau de communication à protéger est situé dans la ZPF 2.

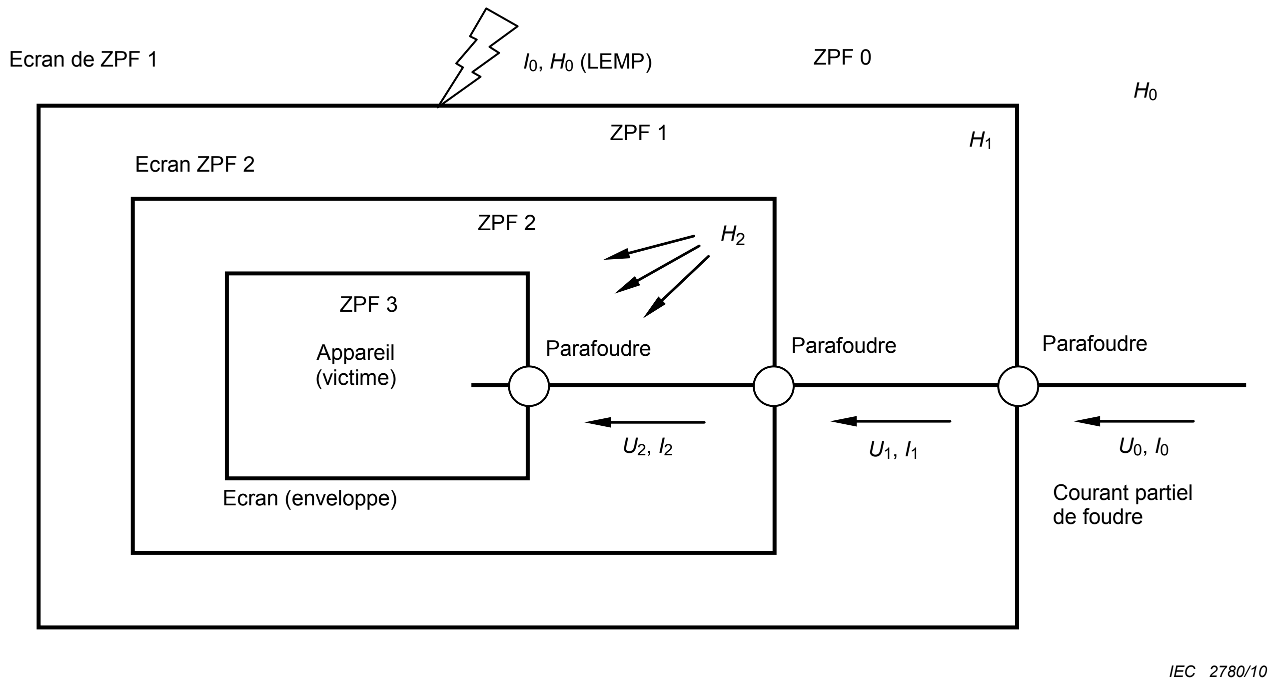


Figure A.1 – Situation de l'IEMF due à un impact de foudre

Les points 1, 2 et 3 du Tableau A.1 définissent les paramètres I_0, H_0 et U_W de la Figure A.1; les paramètres d'essai appropriés, visant à s'assurer que les matériels sont capables de

www.TeraStandard.com

résister à la contrainte prévue à leur emplacement d'installation, sont donnés aux points 4 et 5.

Tableau A.1 – Paramètres relatifs à la source de dégradation et aux matériels

<table>
<tr><td colspan="7">Source primaire de dégradation – IEMF
Définie à partir des paramètres des niveaux de protection de I à IV:</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1.</td><td rowspan="4">CEI 62305-1</td><td></td><td>Choc
µs</td><td>Amplitude pour NPL
I – II – III - IV
kA</td><td>Raidaeur pour
LPL I – II – III - IV
kA/µs</td><td>Effects correspondans sur:</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I_0</td><td>10/350</td><td>200 – 150 – 100 – 100</td><td>20 – 15 – 10 – 10</td><td>Courant de foudre</td></tr>
<tr><td>1/200</td><td>100 – 75 – 50 – 50</td><td>100 – 75 – 50 – 50</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>0,25/100</td><td>50 – 37,5 – 25 – 25</td><td>200 – 150 – 100 – 100</td><td>Induction</td></tr>
<tr><td>H_o</td><td colspan="3">Déduit de I_0 correspondant</td><td></td></tr>
<tr><td>2.</td><td colspan="6">Tension assignee de tenue aux chocs de l'installation de puissance
Définie par la catégorie de surtension I à IV pour des tensions nominales 230/400 V et 277/480 V:</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="6">CEI 60664-1 U_W Catégorie de surtension à I à IV 6 kV – 4 kV – 2,5 kV – 1,5 kV</td></tr>
<tr><td>3.</td><td colspan="6">Tenue aux chocs des installations de communication
Recommandations UIT K.20 [3], K.21 [4] and K.45 [5]</td></tr>
<tr><td rowspan="3">4.</td><td colspan="6">Essais pour matériels sans normes appropriées de produits
Niveau de tenue des matériels défini pour les effets conduits de foudre (U,I):</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">CEI 61000-4-5</td><td>U_{OC}</td><td colspan="2">Choc 1,2/50 µs</td><td>4 kV – 2 kV – 1 kV – 0,5 kV</td></tr>
<tr><td>I_{SC}</td><td colspan="2">Choc 8/20 µs</td><td>2 kVA – 1 kVA – 0,5 kVA – 0,25 kA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">5.</td><td colspan="6">Essais pour matériels non conformes aux normes de produits CEM applicables
Niveau de tenue des matériels défini pour les effets de foudre rayonnés (H)</td></tr>
<tr><td colspan="2">CEI 61000-4-9</td><td>H</td><td colspan="2">Choc 8/20 µs,
(oscillations amorties 25 kHz, T_P = 10 µs)</td><td>1 000 A/m – 300 A/m – 100 A/m</td></tr>
<tr><td colspan="2">CEI 61000-4-10</td><td>H</td><td colspan="2">Oscillations amorties 1 MHz
(choc 0,2/0,5 µs, T_P = 0,25 µs)</td><td>100 A/m – 30 A/m – 10 A/m</td></tr>
</table>

Le courant de foudre I_0 et le champ magnétique H_o constituent les sources électromagnétiques primaires de perturbations pour les réseaux de communication. Les courants de foudre partiels s'écoulent dans les services entrants. Ces courants et les champs magnétiques ont approximativement la même forme d'onde. Le courant de foudre à prendre en compte ici est le courant de premier coup positif I_F (généralement avec une forme d'onde de longue queue de 10/350 µs), le courant de premier coup négatif I_{FN} (forme d'onde de 1/200 µs) et les courants des coups consécutifs I_S (forme d'onde de 0,25/100 µs). Le courant de premier coup positif I_F génère le champ magnétique H_F, le courant de premier coup négatif I_{FN} génère le champ magnétique H_{FN}, et les courants des coups consécutifs I_S génèrent les champs magnétiques H_s.

Les effets d'induction magnétique sont essentiellement occasionnés par le temps de montée du champ magnétique. Comme indiqué à la Figure A.2, le temps de montée de H_F peut être caractérisé par un champ oscillatoire amorti de 25 kHz avec une valeur maximale de $H_F/_{MAX}$ et une durée jusqu'à la valeur maximale $T_{P/F}$ de 10 µs. De même, le temps de montée de H_S peut être caractérisé par un champ oscillatoire amorti de 1 MHz avec une valeur maximale de $H_S/_{MAX}$ et une durée jusqu'à la valeur maximale $T_{P/S}$ de 0,25 µs. De même, le temps de montée de H_{FN} peut être caractérisé par un champ oscillatoire amorti de 250 kHz avec une valeur maximale de $H_{FN}/_{MAX}$ et une durée jusqu'à la valeur maximale $T_{P/FN}$ de 1 µs.

Ainsi, le champ magnétique du premier coup positif peut être caractérisé par une fréquence typique de 25 kHz, le champ magnétique du premier coup négatif peut être caractérisé par une fréquence typique de 250 kHz, et le champ magnétique des coups consécutifs peut être caractérisé par une fréquence typique de 1 MHz. Les champs magnétiques oscillatoires

www.TeraStandard.com

amortis pour ces fréquences sont définis pour des essais dans la CEI 61000-4-9 et dans la CEI 61000-4-10.

En installant des écrans magnétiques et des parafoudres aux interfaces des ZPF, il convient de réduire l'effet du coup de foudre non amorti défini par I_0 et H_0 jusqu'au niveau de tenue du matériel, ou en dessous de ce niveau. Comme indiqué à la Figure A.1, il convient que le matériel résiste au champ magnétique environnant H_2, aux courants de foudre conduits I_2 et aux tensions U_2.

La réduction de I_1 à I_2 et de U_1 à U_2 est traitée dans l'Annexe C, la réduction de H_0 à une valeur suffisamment faible de H_2 étant pour sa part traitée comme suit:

Dans le cas d'un écran spatial en grille, il peut être supposé que la forme d'onde du champ magnétique dans les ZPF (H_1, H_2) est la même que la forme d'onde du champ magnétique à l'extérieur (H_0).

Les formes d'ondes d'oscillation amorties illustrées à la Figure A.2 sont conformes aux essais définis dans la CEI 61000-4-9 et dans la CEI 61000-4-10 et peuvent être utilisées pour déterminer la tenue des matériels aux champs magnétiques créés par l'élévation du champ magnétique lors du premier coup positif H_F et des coups consécutifs H_S.

Il convient que les chocs induits dus au champ magnétique couplé à la boucle d'induction (voir Article A.5) soient inférieurs ou égaux à la tenue du matériel.

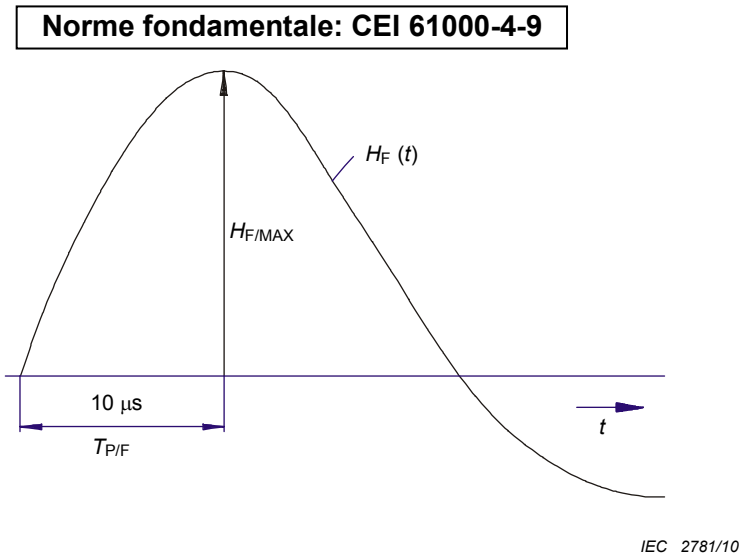


Figure A.2a – Simulation de l'élévation du champ magnétique due au premier coup positif (10/350 µs) par un seul choc 8/20 µs (oscillation amortie à 25 kHz)

www.TeraStandard.com

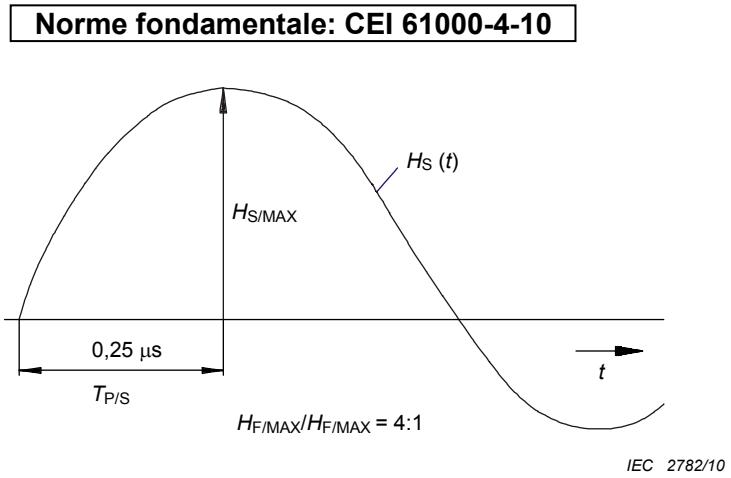


Figure A.2b – Simulation de l'élévation du champ magnétique due au coup consécutif (0,25/100 µs) par des oscillations amorties de 1 MHz (chocs multiples 0,2/0,5 µs)

NOTE 1 Bien que les définitions de la durée jusqu'à la valeur maximale T_P et du temps de montée T_1 soient différentes, leurs valeurs numériques sont prises égales à celles données ici pour une approche appropriée.

NOTE 2 Le rapport des valeurs maximales est $H_{F/MAX}$ / $H_{FN/MAX}$ / $H_{S/MAX}$ = 4: 2: 1

Figure A.2 – Simulation de l'élévation du champ magnétique due à des oscillations amorties

A.3.2 Ecrans spatiaux en grille

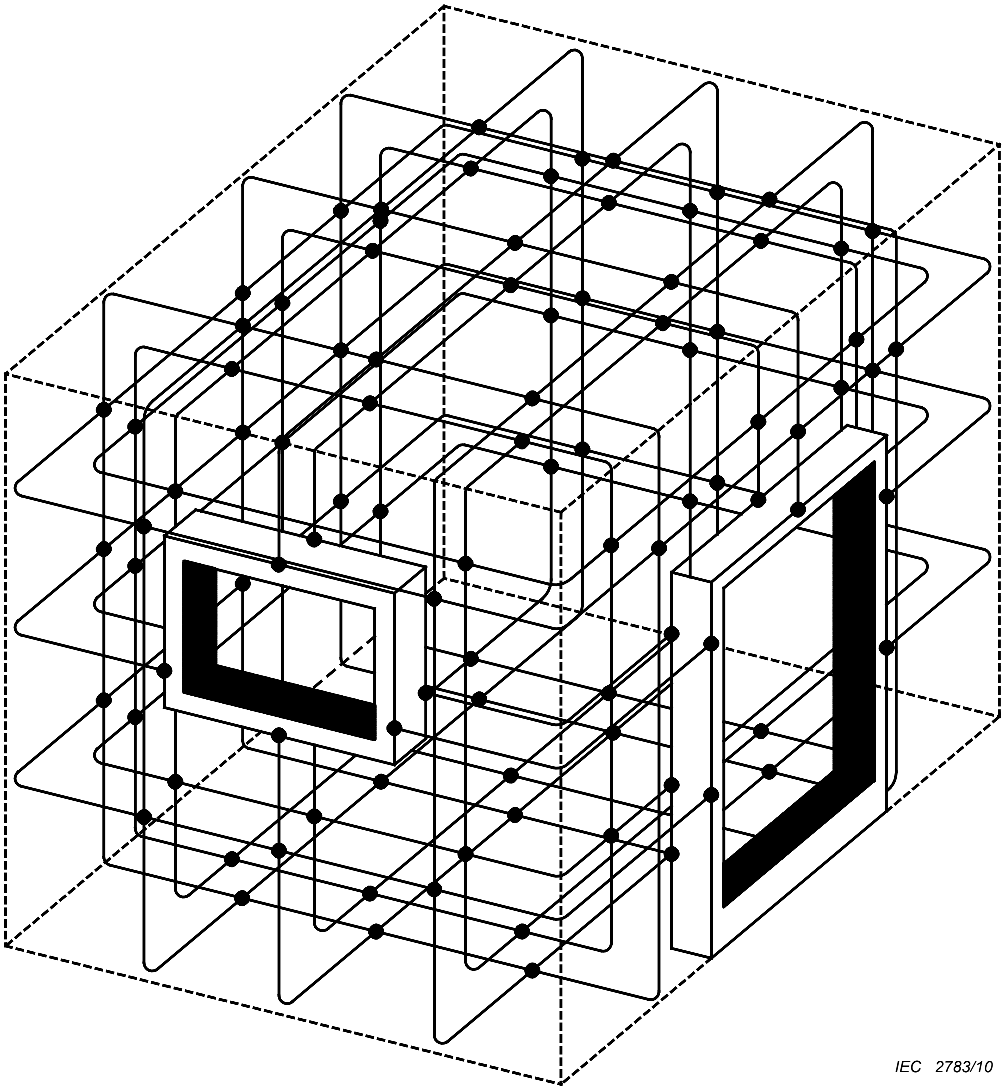
En pratique, les écrans à large volume des ZPF sont habituellement constitués de composants naturels de la structure tels que les supports ou armatures métalliques des plafonds, murs et planchers, la charpente métallique, les toits ou façades métalliques. Ces composants constituent ensemble un écran spatial en grille. Un écran efficace requiert généralement des dimensions de mailles inférieures à 5 m.

NOTE 1 L'effet d'écran peut ne pas être pris en compte si une ZPF1 est créée par une extension normale de ZPF conformément à la CEI 62305-3 avec des dimensions de mailles et des distances typiques supérieures à 5 m. Dans le cas contraire, un bâtiment avec des ossatures métalliques de grandes dimensions et de nombreuses pièces d'étançons en acier profilé assure un effet d'écran de grande portée.

NOTE 2 Des écrans dans les ZPF intérieures consécutives peuvent être réalisés soit par des mesures d'écran spatial, soit par des tiroirs ou armoires métalliques fermés ou par des couvertures métalliques du matériel.

La Figure A.3 montre comment, en pratique, les supports ou armatures métalliques du béton et les ossatures métalliques (pour des portes métalliques et d'éventuelles fenêtres écrantées) peuvent servir à constituer un écran à large volume pour une pièce ou un bâtiment.

www.TeraStandard.com



Légende

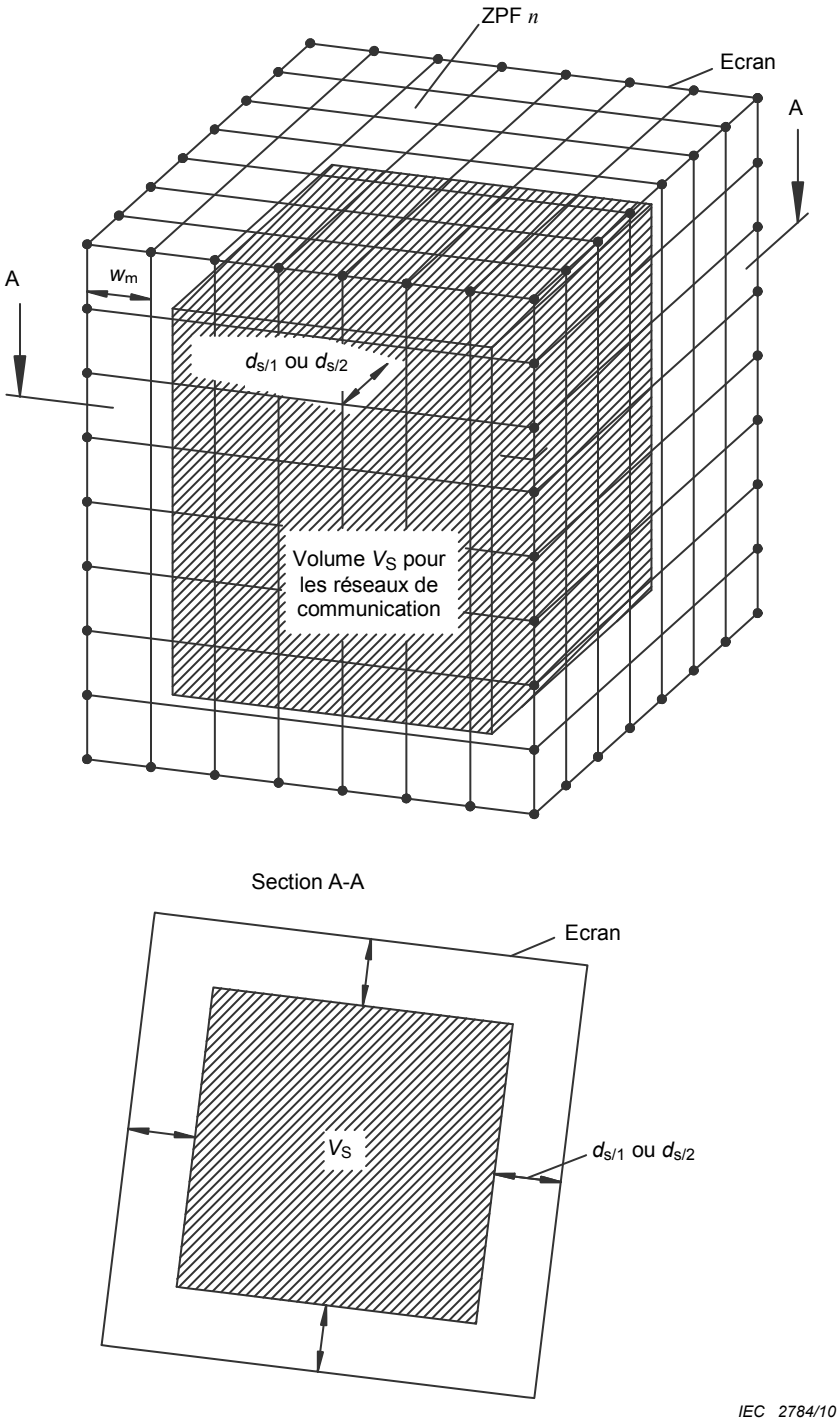
- soudées ou fixées sur chaque tige et aux croisements

NOTE En pratique, il n'est pas possible, pour des structures étendues, de réaliser une soudure ou une fixation en chaque point. Toutefois, la plupart des points sont naturellement interconnectés par des rapprochements renforcés ou par des ligatures. Une approche pratique pourrait par conséquent consister à réaliser une connexion environ tous les 1 m.

Figure A.3 – Ecran à large volume réalisé par armatures et ossatures métalliques

Il convient de mettre en œuvre les réseaux de communication dans des «volumes sûrs» en respectant les distances de sécurité vis-à-vis de l'écran de la ZPF (voir Figure A.4). Cela est dû aux valeurs relativement élevées du champ magnétique à proximité de l'écran engendré par l'écoulement du courant de foudre partiel dans l'écran (particulièrement dans une ZPF 1).

www.TeraStandard.com



NOTE Il convient que le volume V_S conserve une distance de sécurité $d_{s/1}$ or $d_{s/2}$ par rapport à l'écran de ZPF n – voir l'Article A.4.

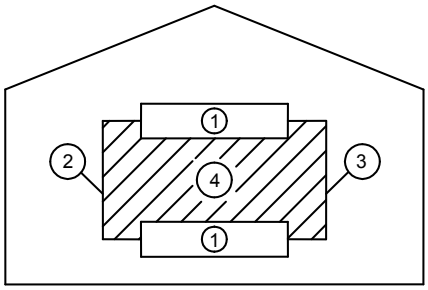
Figure A.4 – Volume pour les réseaux de puissance et de communication dans une ZPF n intérieure

A.3.3 Cheminement et blindage des lignes

Les chocs induits dans les réseaux internes peuvent être réduits par des cheminements appropriés (diminuant la surface de boucle d'induction) ou par l'utilisation de câbles écrantés ou de conduits métalliques (diminuant les effets inductifs internes), ou par une association des deux (voir Figure A.5).

www.TeraStandard.com

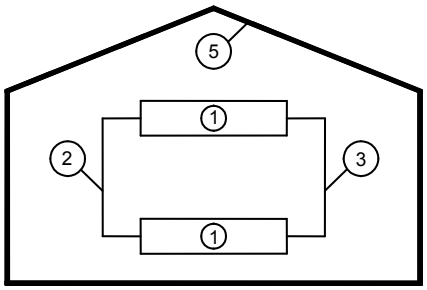
Légende
1 matériel
2 câble de communication
3 câble de puissance
4 boucle d'induction



IEC 2785/10

Figure A.5a – Système non protégé

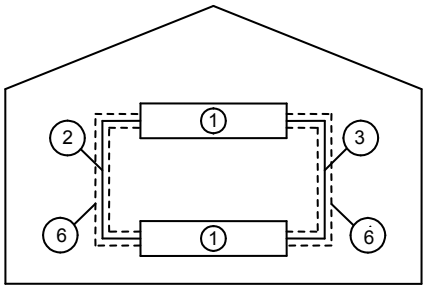
Légende
1 matériel
2 câble de communication
3 câble de puissance
5 écran spatial



IEC 2786/10

Figure A.5b – Réduction du champ magnétique dans une ZPF intérieure par écran spatial

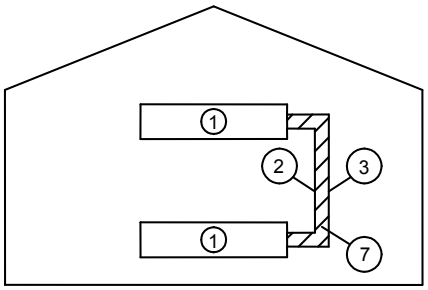
Légende
1 matériel
2 câble de communication
3 câble de puissance
6 écran de ligne



IEC 2787/10

Figure A.5c – Réduction de l'influence du champ sur les lignes par écran

Légende
1 matériel
2 câble de communication
3 câble de puissance
7 surface réduite de la boucle



IEC 2788/10

Figure A.5d – Réduction de la surface de la boucle d'induction par cheminement approprié

Figure A.5 – Réduction des effets d'induction par des dispositions de cheminement et d'écran

www.TeraStandard.com

Il convient que le cheminement des câbles conducteurs connectés aux réseaux internes soit aussi proche que possible des composants métalliques du réseau d'équipotentialité. Il est avantageux d'acheminer ces câbles dans des conduits métalliques du réseau d'équipotentialité, par exemple, des conduits en U ou réseaux métalliques (voir aussi la CEI 61000-5-2 [6]).

Il convient d'accorder une attention toute particulière à la mise en œuvre des câbles à proximité de l'écran d'une ZPF (particulièrement la ZPF 1), en raison de la valeur élevée des champs magnétiques à cet emplacement.

Lorsque des câbles, qui cheminent entre les structures séparées, doivent être protégés, il convient qu'ils soient dans des conduits métalliques. Il convient que ces conduits soient reliés à leurs deux extrémités aux barres d'équipotentialité des structures séparées. Si les écrans des câbles (reliés à leurs deux extrémités) sont capables de supporter le courant de foudre partiel présumé, des conduits métalliques additionnels ne sont pas nécessaires.

Les tensions et courants induits dans les boucles, formés par les installations, conduisent à des chocs en mode commun dans les réseaux internes. Les calculs de ces tensions et courants induits sont décrits à l'Article A.5**.**

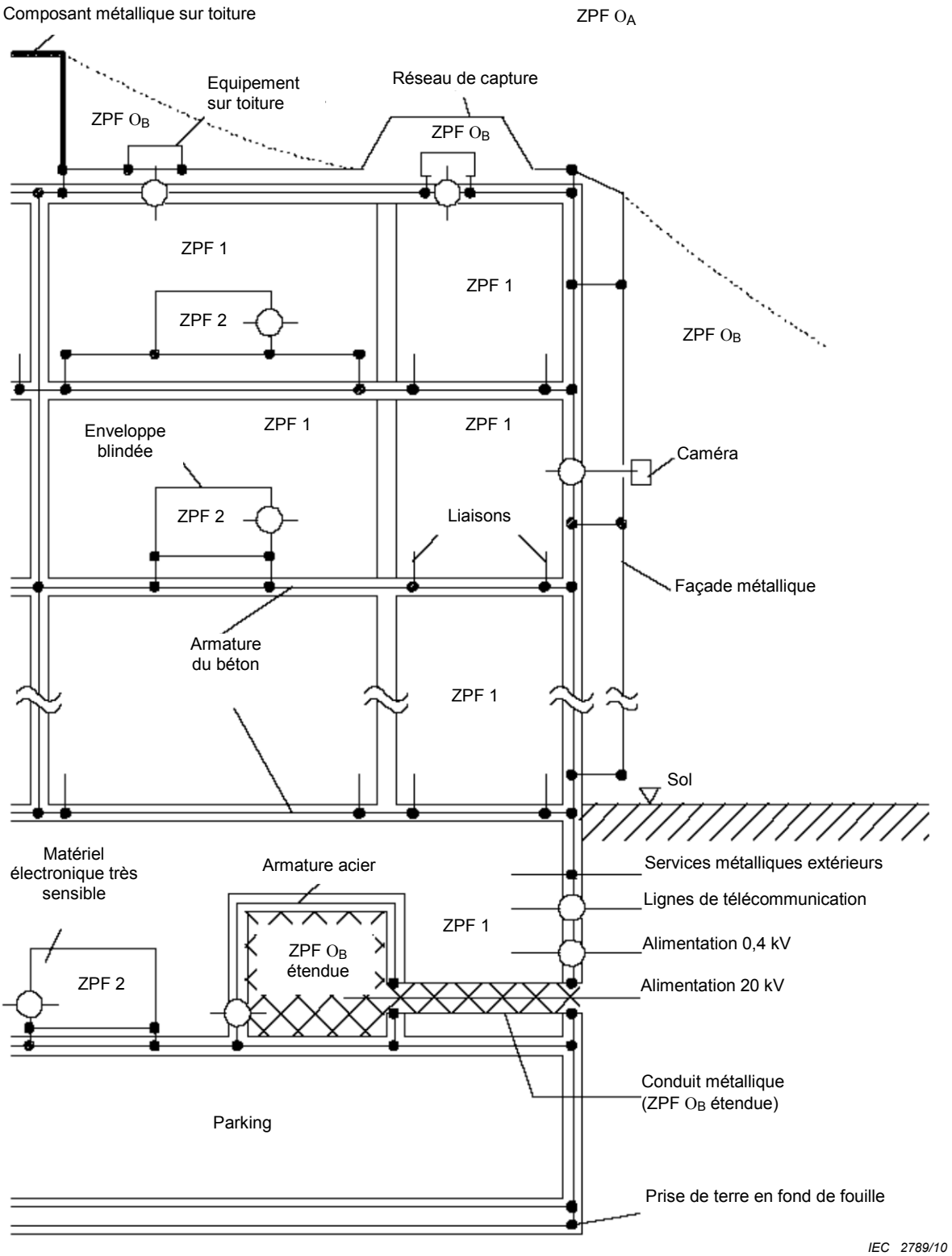
La Figure A.6 donne un exemple d'un grand immeuble de bureaux:

- L'écran est réalisé pour la ZPF 1 par des armatures en acier et des façades métalliques et, pour les réseaux internes sensibles dans la ZPF 2, par des enveloppes blindées. Afin de réaliser un réseau d'équipotentialité maillé serré, plusieurs bornes d'équipotentialité sont prévues dans chaque local.

- La ZPF 0 est étendue à la ZPF 1 pour envelopper une alimentation de 20 kV, dans la mesure où l'installation de parafoudres du côté alimentation haute tension immédiatement à l'entrée du réseau n'a pas été possible dans ce cas particulier.

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

www.TeraStandard.com



Légende

- liaison équipotentielle

O parafoudre (SPD)

Figure A.6 – Exemple de MPF d'un immeuble de bureaux

www.TeraStandard.com

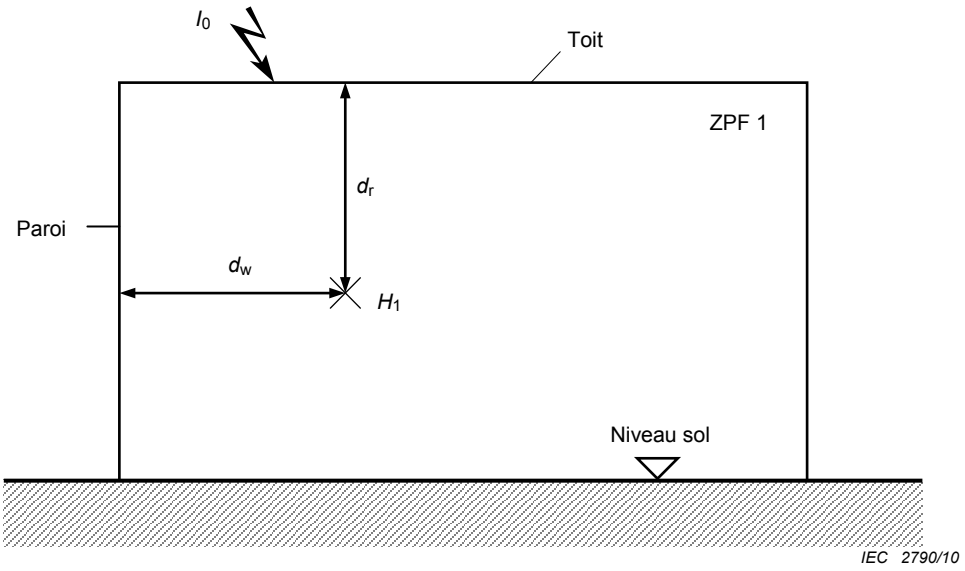
A.4 Champ magnétique dans les ZPF

A.4.1 Approximation du champ magnétique dans les ZPF

Si une étude théorique (A.4.2) ou expérimentale (A.4.3) de l'efficacité du blindage n'est pas effectuée, il convient de calculer l'atténuation comme suit.

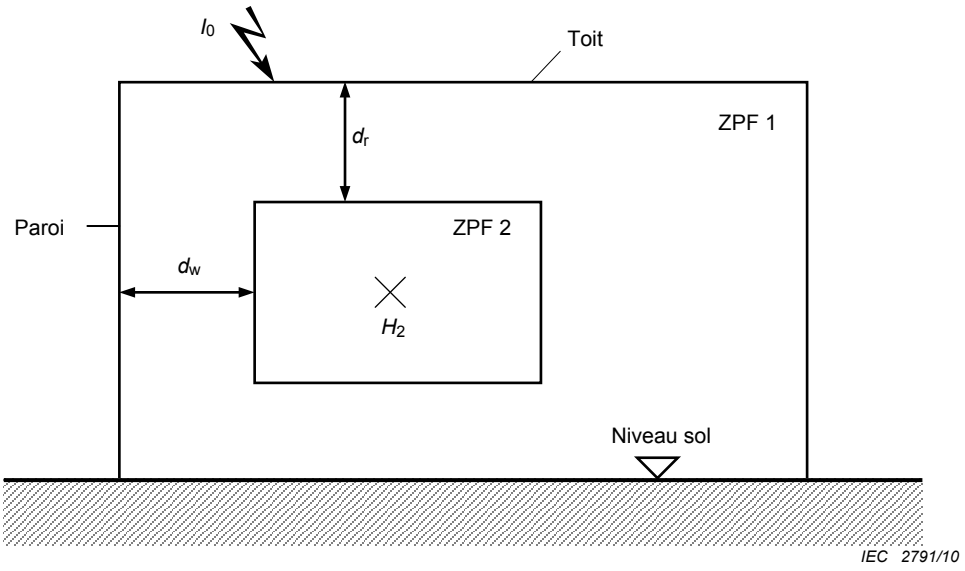
A.4.1.1 Ecran spatial en grille de ZPF 1 en cas de coup de foudre direct

L'écran d'un bâtiment (entourant une ZPF 1) peut être une partie du SPF extérieur et les courants dus aux coups de foudre directs s'écoulent le long de ce dernier. La Figure A.7a montre une telle situation en supposant que la foudre frappe la structure en un point arbitraire de la toiture.



NOTE Les distances d_w et d_r sont déterminées pour le point considéré.

Figure A.7a – Champ magnétique dans la ZPF 1



NOTE Les distances d_w et d_r sont déterminées pour la frontière de la ZPF 2.

Figure A.7b – Champ magnétique dans la ZPF 2

Figure A.7 – Evaluation du champ magnétique en cas de coup de foudre direct

www.TeraStandard.com

Pour le champ magnétique H_1 en un point arbitraire dans la ZPF 1, la formule suivante s'applique:

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \text{ (A/m} \quad \text{(A.1)}$$

où

d_r (m) est la distance la plus courte entre le point considéré et le toit de l'écran de la ZPF 1;

d_w (m) est la distance la plus courte entre le point considéré et la paroi de l'écran de la ZPF 1;

I_0 (A) est le courant de foudre dans la ZPF 0_A;

k_h (1/√m) est le facteur de configuration, généralement k_h = 0,01;

w_m (m) est la taille de maille de l'écran en grille de la ZPF 1.

Le résultat de cette formule est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 (en tenant compte de la note ci-après):

– $H_{1/F/MAX} = k_h \times I_{F/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) due au premier coup positif (A.2)

– $H_{1/FN/MAX} = k_h \times I_{FN/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) due au premier coup négatif (A.3)

– $H_{1/S/MAX} = k_h \times I_{S/MAX} \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r})$ (A/m) due aux coups consécutifs (A.4)

où

$I_{F/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant du premier coup positif, choisie conformément au niveau de protection,

$I_{FN/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant du premier coup négatif, choisie conformément au niveau de protection,

$I_{S/MAX}$ (A) est la valeur maximale des courants des coups consécutifs, choisie conformément au niveau de protection.

NOTE 1 Le champ est réduit d'un facteur 2 en cas de mise en place d'un réseau d'équipotentialité maillé conformément à 5.2.

Les valeurs du champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_s à l'intérieur de l'écran en grille avec une distance de sécurité $d_{s/1}$ par rapport à l'écran (voir Figure A.4):

$$d_{s/1} = w_m \times SF / 10 \text{ (m) pour } SF \geq 10 \quad \text{(A.5)}$$

$$d_{s/1} = w_m \text{ (m) pour } SF < 10 \quad \text{(A.6)}$$

où

SF (dB) est le facteur d'écran obtenu à partir des formules du Tableau A.3;

w_m (m) est la largeur de maille de l'écran en grille.

NOTE 2 Les résultats expérimentaux du champ magnétique dans une ZPF 1 avec un écran en grille indiquent que l'augmentation du champ magnétique à proximité de l'écran est inférieure à la valeur obtenue avec les équations ci-dessus.

EXEMPLE

A titre d'exemple, trois écrans en grille en cuivre dont les dimensions sont indiquées au Tableau A.2, et ayant une taille moyenne de maille de w_m = 2 m sont étudiés (voir Figure A.10). Cela donne une distance de sécurité $d_{s/1}$ = 2,0 m définissant le volume de sécurité V_S. Les valeurs pour $H_{1/MAX}$ valables dans le volume V_s sont calculées pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et indiquées dans le Tableau A.2. La distance jusqu'au toit correspond à la moitié de la hauteur:

www.TeraStandard.com

d_r = H/2. La distance jusqu'à la paroi correspond à la moitié de la longueur: d_w = L/2 (centre) ou égale à: d_w = $d_{s/1}$ (cas le plus défavorable à proximité de la paroi).

Tableau A.2 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m

Type d'écran voir Figure A.10	$L \times W \times H$ m	$H_{1/MAX}$ **(centre)** A/m	$H_{1/MAX}$ ($d_w = d_{s/1}$) A/m
1	10 × 10 × 10	179	447
2	50 × 50 × 10	36	447
3	10 × 10 × 50	80	200

A.4.1.2 Ecran spatial en grille de la ZPF 1 en cas de coup de foudre proche

Dans le cas d'un coup de foudre proche, la situation est présentée à la Figure A.8. Le champ magnétique incident autour du volume blindé de la ZPF 1 peut être assimilé à une onde plane.

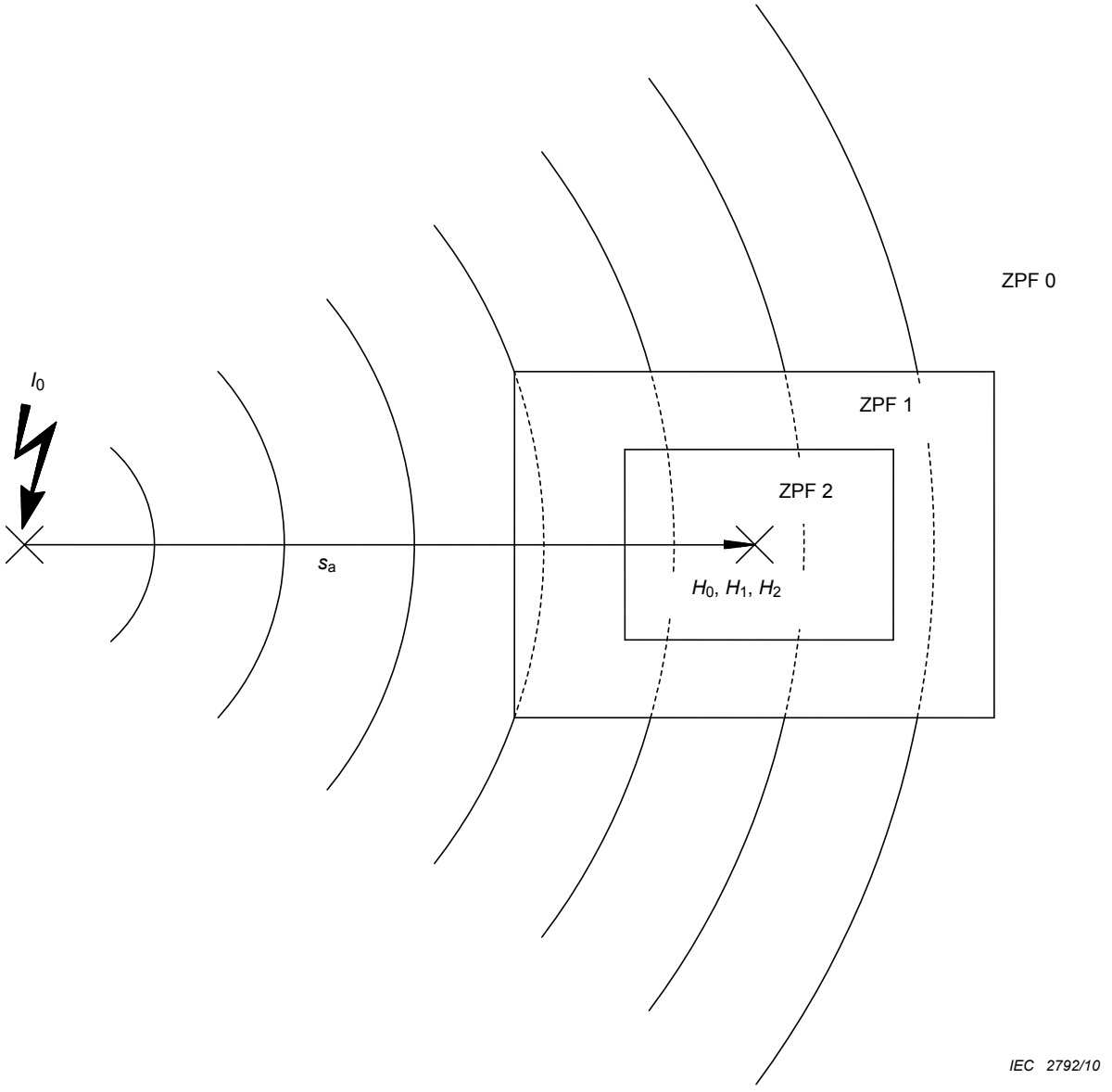


Figure A.8 – Evaluation du champ magnétique dans le cas de coup de foudre proche

Le facteur d'écran *SF* des écrans spatiaux en grille pour une onde plane est donné dans le Tableau A.3 ci-après.

www.TeraStandard.com

Tableau A.3 – Atténuation magnétique des écrans spatiaux en grille dans le cas d'une onde plane

Matériau	*SF* (dB) [a,b]	
	25 kHz (valable pour le premier coup positif)	1 MHz (valable pour les coups consécutifs) ou 250 kHz (valable pour le premier coup négatif)
Cuivre ou aluminium	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$
Acier [c]	$20 \times \log \left[(8{,}5 / w_m) / \sqrt{1 + 18 \times 10^{-6} / r_c^2} \right]$	$20 \times \log (8{,}5/ w_m)$
w_m largeur de maille de l'écran en grille (m).		
r_c rayon d'une tige de l'écran en grille (m).		
[a] *SF* = 0 si les résultats obtenus par les formules sont négatifs.		
[b] *SF* augmente de 6 dB, si un réseau d'équipotentialité maillé est mis en œuvre conformément à 5.2.		
[c] Perméabilité $\mu_r \approx 200$.		

Le champ magnétique incident H_0 est calculé ainsi:

$$H_0 = I_0 / (2 \times \pi \times s_a) \ \text{(A/m)} \qquad \text{(A.7)}$$

où

I_0 (A) est le courant de foudre dans la ZPF 0_A;

s_a (m) est la distance entre le point d'impact et le centre du volume protégé.

Par suite, on peut calculer la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 0:

– $H_{0/F/MAX} = I_{F/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$(A/m) due au premier coup positif (A.8)

– $H_{0/FN/MAX} = I_{FN/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$(A/m) due au premier coup négatif (A.9)

– $H_{0/S/MAX} = I_{S/MAX} / (2 \times \pi \times s_a)$(A/m) due aux coups consécutifs (A.10)

où

$I_{F/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant de foudre du premier coup positif, choisie conformément au niveau de protection retenu;

$I_{FN/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant de foudre du premier coup négatif, choisie conformément au niveau de protection retenu;

$I_{S/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant de foudre des coups consécutifs, choisie conformément au niveau de protection retenu.

La réduction de H_0 à H_1 dans la ZPF 1 peut être donnée par les formules des valeurs de *SF* indiquées dans le Tableau A.3:

$$H_{1/MAX} = H_{0/MAX} / 10^{SF/20} \ \text{(A/m)} \qquad \text{(A.11)}$$

où

SF (dB) est le facteur d'écran obtenu à partir des formules du Tableau A.3;

$H_{0/MAX}$ (A/m) est le champ magnétique dans la ZPF 0.

Par suite, on peut calculer la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1:

– $H_{1/F/MAX} = H_{0/F/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) due au premier coup positif (A.12)

– $H_{1/FN/MAX} = H_{0/FN/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) due au premier coup négatif (A.13)

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

www.TeraStandard.com

– $H_{1/S/MAX} = H_{0/S/MAX} / 10^{SF/20}$ (A/m) due aux coups consécutifs (A.14)

Ces valeurs de champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_S à l'intérieur de l'écran en grille avec une distance de sécurité $d_{s/2}$ par rapport à l'écran (voir Figure A.4).

– $d_{s/2} = w_m^{SF/10}$ (m) pour $SF \geq 10$ (A.15)

– $d_{s/2} = w_m$ (m) pour $SF < 10$ (A.16)

où

SF (dB) est le facteur d'écran obtenu à partir des formules du Tableau A.3;

w_m (m) est la largeur de maille de l'écran en grille.

Pour des informations complémentaires sur le calcul du champ magnétique dans les écrans en grille en cas de coups de foudre proches, voir A.4.3.

EXEMPLES

Le champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans la LPZ 1 dans le cas d'un impact de foudre proche dépend du courant de foudre $I_{0/MAX}$, du facteur d'écran SF de la LPZ 1 et de la distance s_a entre le canal de foudre et le centre de la LPZ 1 (voir Figure A.8).

Le courant de foudre $I_{0/MAX}$ dépend du niveau de protection choisi (voir la CEI 62305-1). Le facteur d'écran SF (voir Tableau A.3) est essentiellement fonction de la largeur de maille de l'écran en grille. La distance s_a est:

- une distance donnée entre le centre de la ZPF 1 et un objet proche (par exemple, un mât) dans le cas d'un impact de foudre sur cet objet; ou
- la distance minimale entre le centre de la ZPF 1 et le canal de foudre dans le cas d'un impact de foudre sur le sol proche de la ZPF 1.

Le cas le plus défavorable est alors le courant de foudre le plus élevé $I_{0/MAX}$ associé à la distance s_a la plus faible. Comme indiqué à la Figure A.9, cette distance minimale s_a est fonction de la hauteur H et de la longueur L (ou de la largeur W) de la structure (ZPF 1), et du rayon de la sphère fictive, r, correspondant à $I_{0/MAX}$ (voir Tableau A.4), défini par le modèle électro-géométrique (voir l'Article A.4 de la CEI 62305-1:2010).

www.TeraStandard.com

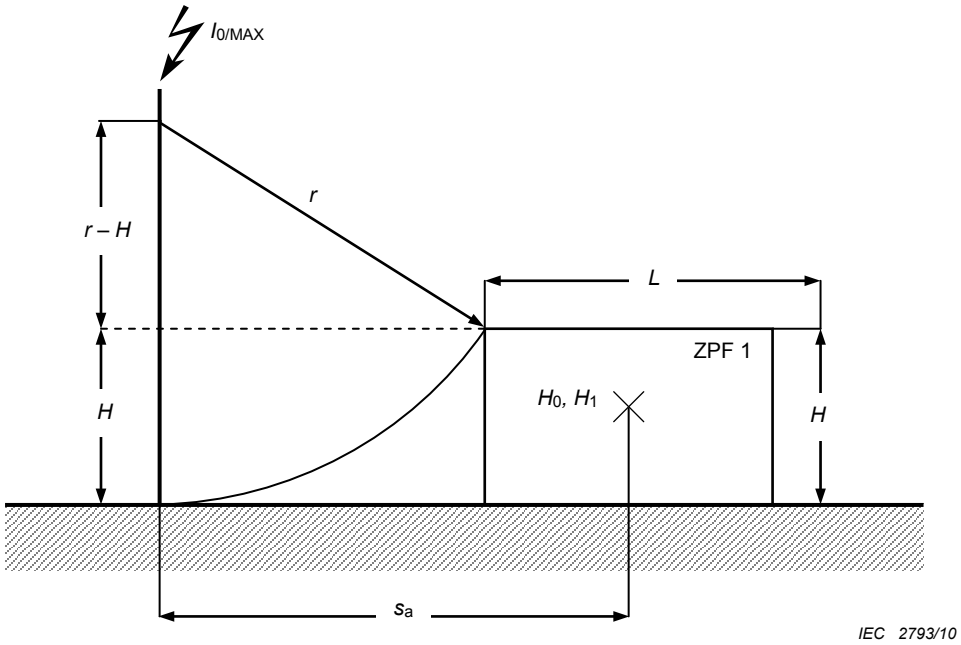


Figure A.9 – Distance s_a en fonction du rayon de la sphère fictive et des dimensions de la structure

La distance peut être calculée comme suit:

$$s_a = \sqrt{2 \times r \times H - H^2} + L/2 \qquad \text{pour } H < r \qquad \text{(A.17)}$$

$$s_a = r + L / 2 \qquad \text{pour } H \geq r \qquad \text{(A.18)}$$

NOTE Pour des distances inférieures à cette valeur minimale, la foudre frappe directement la structure.

Trois écrans typiques peuvent être définis dont les dimensions sont données au Tableau A.5. Pour un écran en grille en cuivre, on admet une taille moyenne de maille w_m = 2 m. Cela donne un facteur d'écran *SF* = 12,6 dB et une distance de sécurité $d_{s/2}$ = 2,5 m, définissant le volume de sécurité V_S. Les valeurs de $H_{0/MAX}$ et $H_{1/MAX}$, supposées être valables en tout point du volume V_s sont calculées pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et indiquées au Tableau A.5.

Tableau A.4 – Rayon de la sphère fictive correspondant au courant maximal de foudre

Niveau de protection	Courant de foudre maximal $I_{0/MAX}$ kA	Rayon de la sphère fictive, *r* m
I	200	313
II	150	260
III - IV	100	200

Tableau A.5 – Exemples pour $I_{0/MAX}$ = 100 kA et w_m = 2 m correspondant à *SF* = 12,6 dB

Type d'écran voir Figure A.10	*L* × *W* × *H* m	s_a m	$H_{0/MAX}$ A/m	$H_{1/MAX}$ A/m
1	10 × 10 × 10	67	236	56
2	50 × 50 × 10	87	182	43
3	10 × 10 × 50	137	116	27

www.TeraStandard.com

A.4.1.3 Ecrans spatiaux en grille pour une ZPF 2 ou d'ordre supérieur

Pour les écrans en grille entourant des ZPF 2 ou d'ordre supérieur, aucun courant de foudre partiel significatif ne s'écoulera. C'est pourquoi, en première approche, la réduction de H_n à H_{n+1} dans la ZPF n+1 peut être calculée comme indiqué en A.4.1.2, pour les coups de foudre proches:

$$H_{n+1} = H_n / 10^{SF/20} \text{ (A/m)} \quad \text{(A.19)}$$

où

SF (dB) est le facteur d'écran donné dans le Tableau A.3;

H_n (A/m) est le champ magnétique dans la ZPF n (A/m).

Si $H_n = H_1$, cette valeur du champ peut être déterminée comme suit:

- en cas de coups de foudre directs sur l'écran en grille de la ZPF 1, voir A.4.1.1 et la Figure A.7b, d_w et d_r étant les distances entre l'écran de la ZPF 2 et respectivement les parois et le toit.
- en cas de coups de foudre proches de la ZPF 1, voir A.4.1.2 et la Figure A.8.

Ces valeurs du champ magnétique ne sont valables que pour un volume de sécurité V_S dans l'écran en grille défini avec une distance de sécurité $d_{s/2}$ par rapport à l'écran (tel que défini en A.4.1.2 et illustré à la Figure A.4).

A.4.2 Evaluation théorique du champ magnétique dû aux coups de foudre directs

En A.4.1.1, les formules d'évaluation du champ magnétique $H_{1/MAX}$ se fondent sur les calculs numériques du champ magnétique dans le cas de trois écrans en grille typiques représentés à la Figure A.10. Pour ces calculs, un coup de foudre sur un des rebords du toit est supposé. Le canal de foudre est simulé par une tige conductrice verticale d'une longueur de 100 m au-dessus du toit. Le sol est simulé par un plateau conducteur idéal.

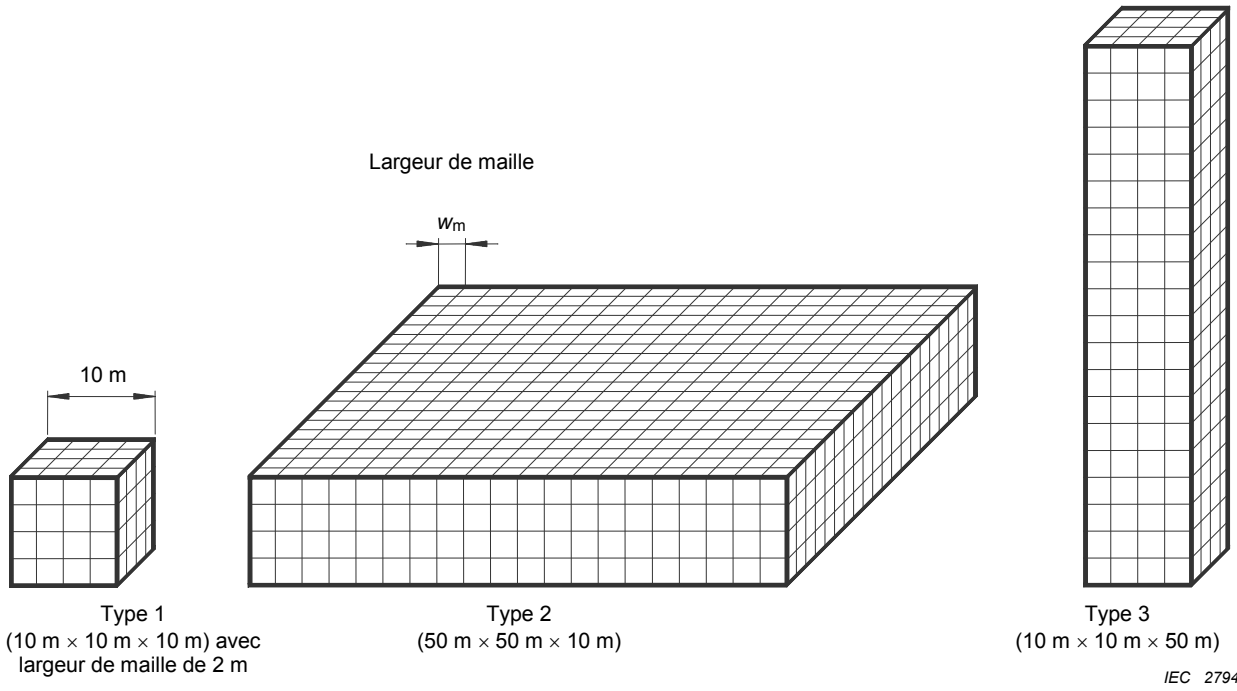


Figure A.10 – Types de volumes d'écrans en grille de grandes dimensions

Pour le calcul, le couplage magnétique de toute tige de l'écran en grille, y compris toutes les autres tiges et le canal de foudre simulé, est pris en considération, cela aboutissant à un

www.TeraStandard.com

système d'équations permettant de calculer la distribution du courant de foudre dans la grille. Le champ magnétique dans l'écran se déduit de la distribution du courant de foudre. Il est supposé que la résistance des tiges peut être négligée. Ainsi, la distribution du courant dans l'écran en grille et le champ magnétique sont indépendants de la fréquence. Le couplage capacitif est également négligé de manière à éviter les effets transitoires.

Pour l'écran de type 1 présenté à la Figure A.10, certains résultats sont présentés dans les Figures A.11 et A.12.

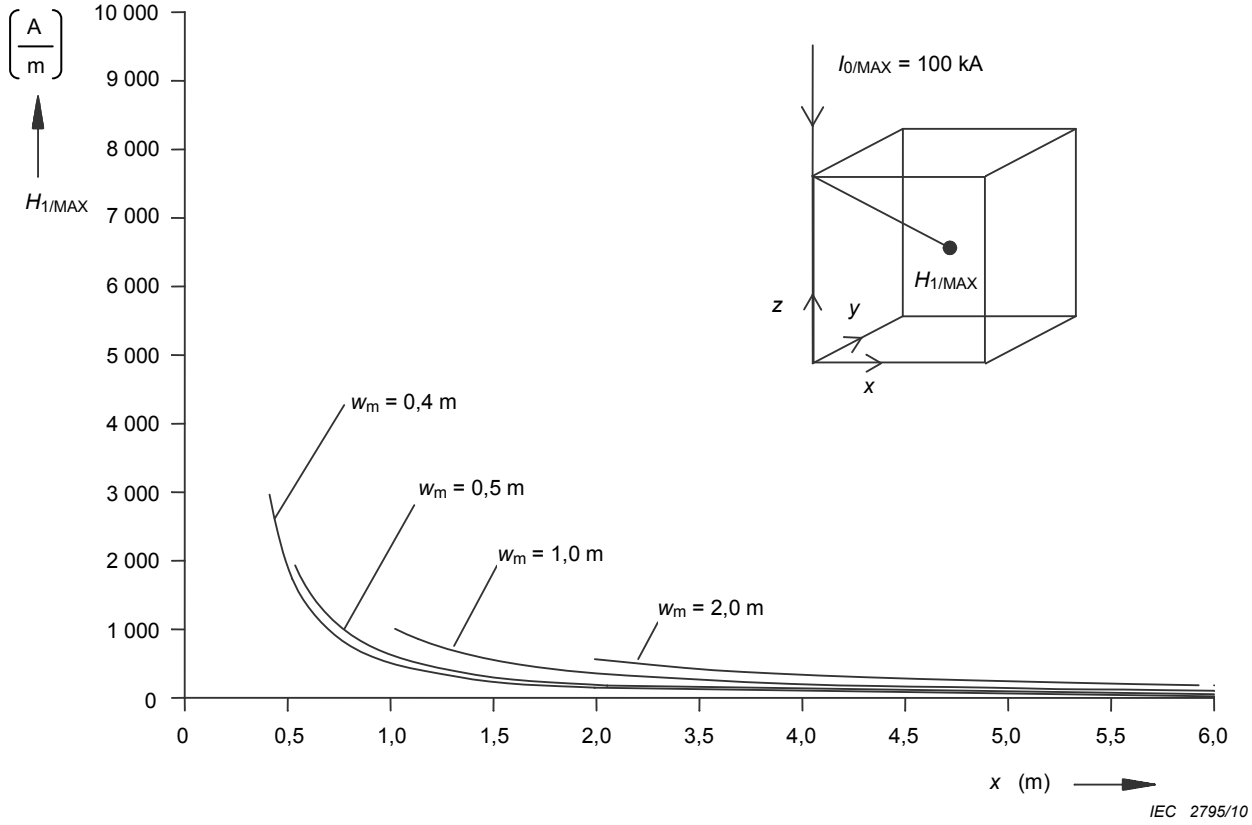


Figure A.11 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran en grille de type 1

www.TeraStandard.com

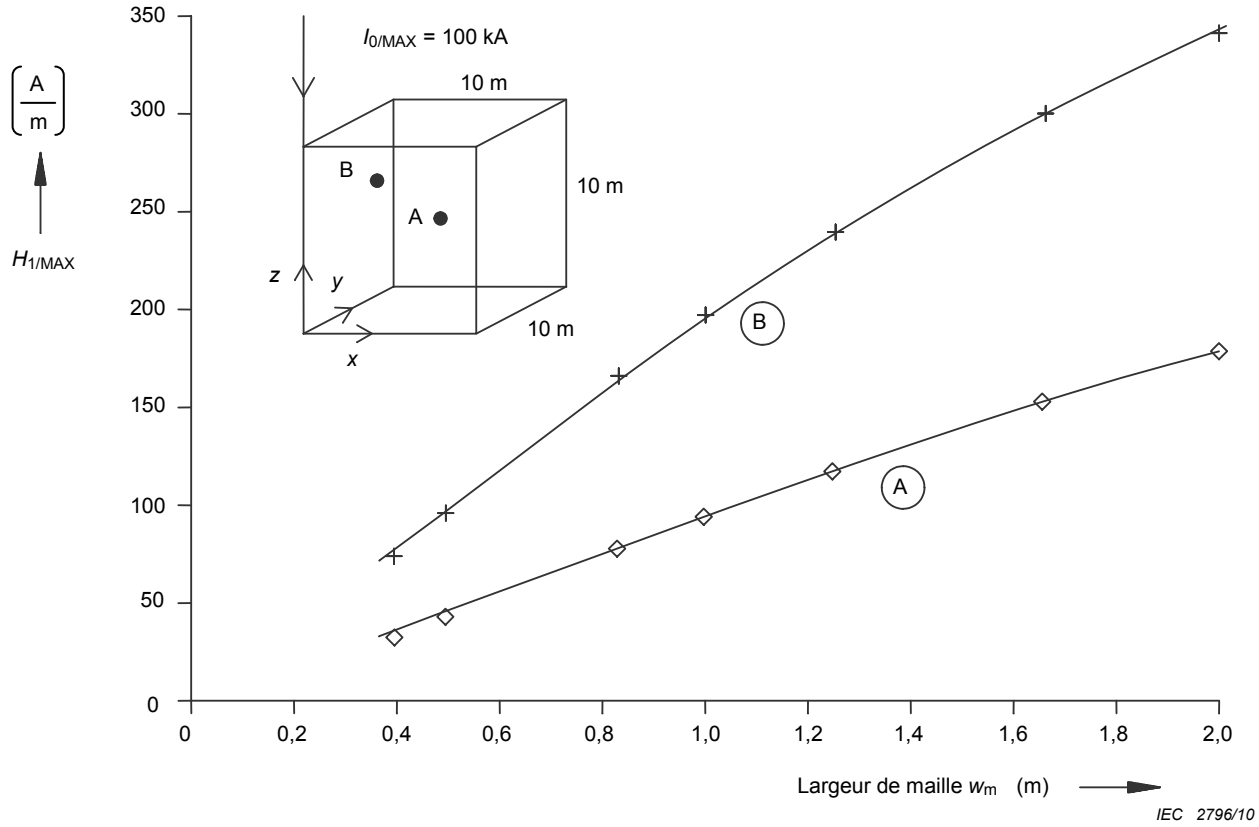


Figure A.12 – Champ magnétique $H_{1/MAX}$ dans un écran en grille de type 1 selon la largeur de maille

NOTE 1 Les résultats expérimentaux du champ magnétique dans une ZPF 1 avec un écran en grille indiquent que l'augmentation du champ magnétique à proximité de l'écran est inférieure à la valeur obtenue avec les équations ci-dessus.

NOTE 2 Les résultats du calcul ne sont valables que pour des distances $d_{s/1} > w_m$ par rapport à l'écran en grille.

Dans tous les cas, il est supposé un courant de foudre maximal $I_{O/MAX}$ = 100 kA. Dans les deux Figures A.11 et A.12, $H_{1/MAX}$ est le champ magnétique maximal en un point dû à ses composantes H_x, H_y et H_z:

$$H_{1/MAX} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad \text{(A.20)}$$

Dans la Figure A.11, $H_{1/MAX}$ est calculé sur une ligne droite ayant pour origine le point d'impact ($x = y = 0$, z = 10 m) et aboutissant au centre du volume (x = y = 5 m, z = 5 m). $H_{1/MAX}$ est tracé en fonction de la coordonnée sur l'axe des x pour chaque point sur cette ligne. Le paramètre est la largeur de la maille w_m de l'écran en grille.

Dans la Figure A.12, $H_{1/MAX}$ est calculé pour deux points de l'écran (point A: x = y = 5 m, z = 5 m; point B: $x = y$ = 3 m, z = 7 m). Le résultat est tracé en fonction de la largeur de la maille w_m.

Les deux figures montrent l'influence des principaux paramètres de la distribution du champ magnétique à l'intérieur de l'écran en grille: la distance par rapport à la paroi ou au toit, et la largeur de maille.

Dans la Figure A.11, il convient d'observer que le long des autres lignes dans le volume d'écran, il peut exister des croisements avec l'abscisse et des changements de signe des

www.TeraStandard.com

composantes du champ magnétique $H_{1/MAX}$. Les formules de distribution données en A.4.1.1 sont ainsi des approximations du premier ordre de champs magnétiques réels beaucoup plus complexes dans un écran en grille.

A.4.3 Evaluation expérimentale du champ magnétique dû à un coup de foudre direct

Les champs magnétiques dans des structures avec écrans peuvent également être déterminés par des mesures expérimentales. La Figure A.13 montre une proposition de simulation d'un coup de foudre direct en un point arbitraire d'une structure avec écran, en utilisant un générateur de courant de foudre. De tels essais peuvent être effectués à l'aide d'une source de courant de foudre simulé de faible niveau, avec toutefois la même forme d'onde représentative que la décharge de foudre réelle.

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

www.TeraStandard.com

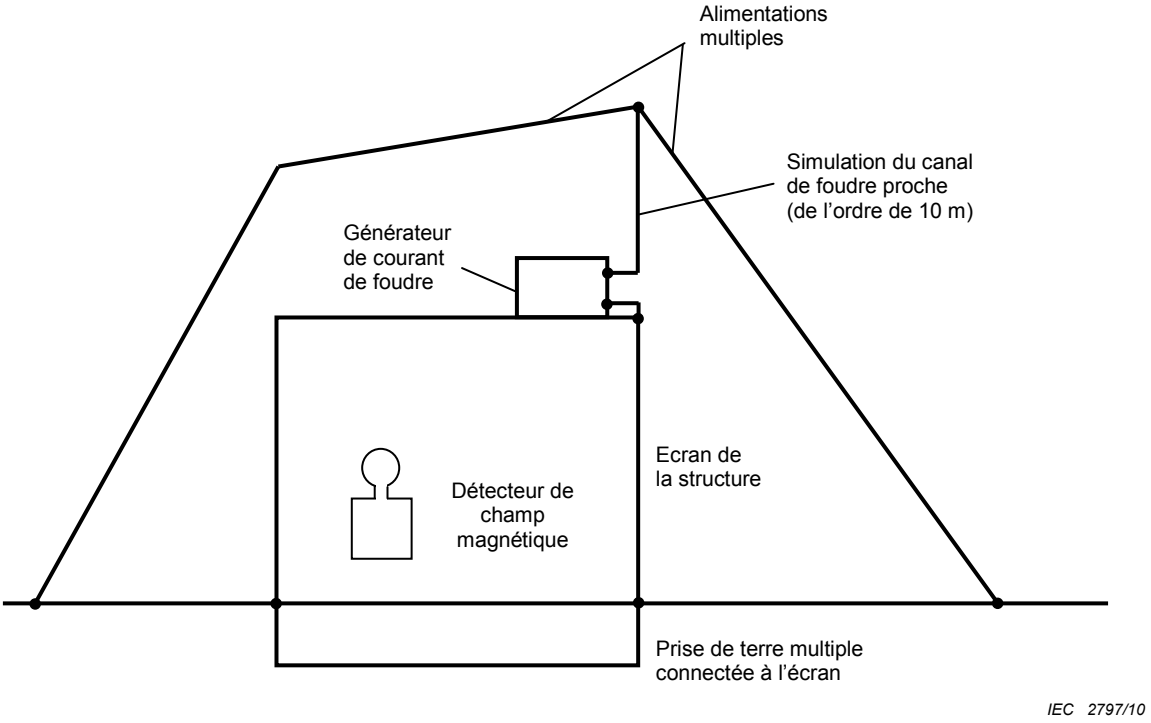
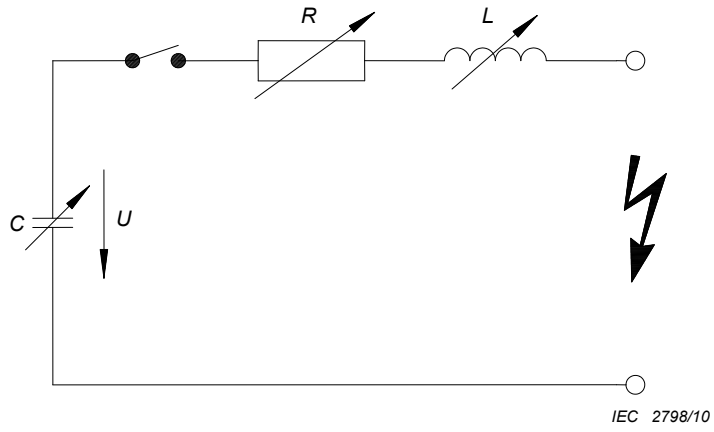


Figure A.13a – Dispositif d'essai



Légende

U typiquement 10 kV environ

C typiquement 10 nF environ

Figure A.13b – Générateur de courant de foudre

Figure A.13 – Essai à bas niveau pour déterminer le champ magnétique dans une structure avec écran

A.5 Calcul des tensions et courants induits

A.5.1 Généralités

Seules les boucles rectangulaires conformes à la Figure A.14 sont prises en compte. Il convient de transformer les boucles présentant d'autres configurations en configurations rectangulaires avec la même surface de boucle.

www.TeraStandard.com

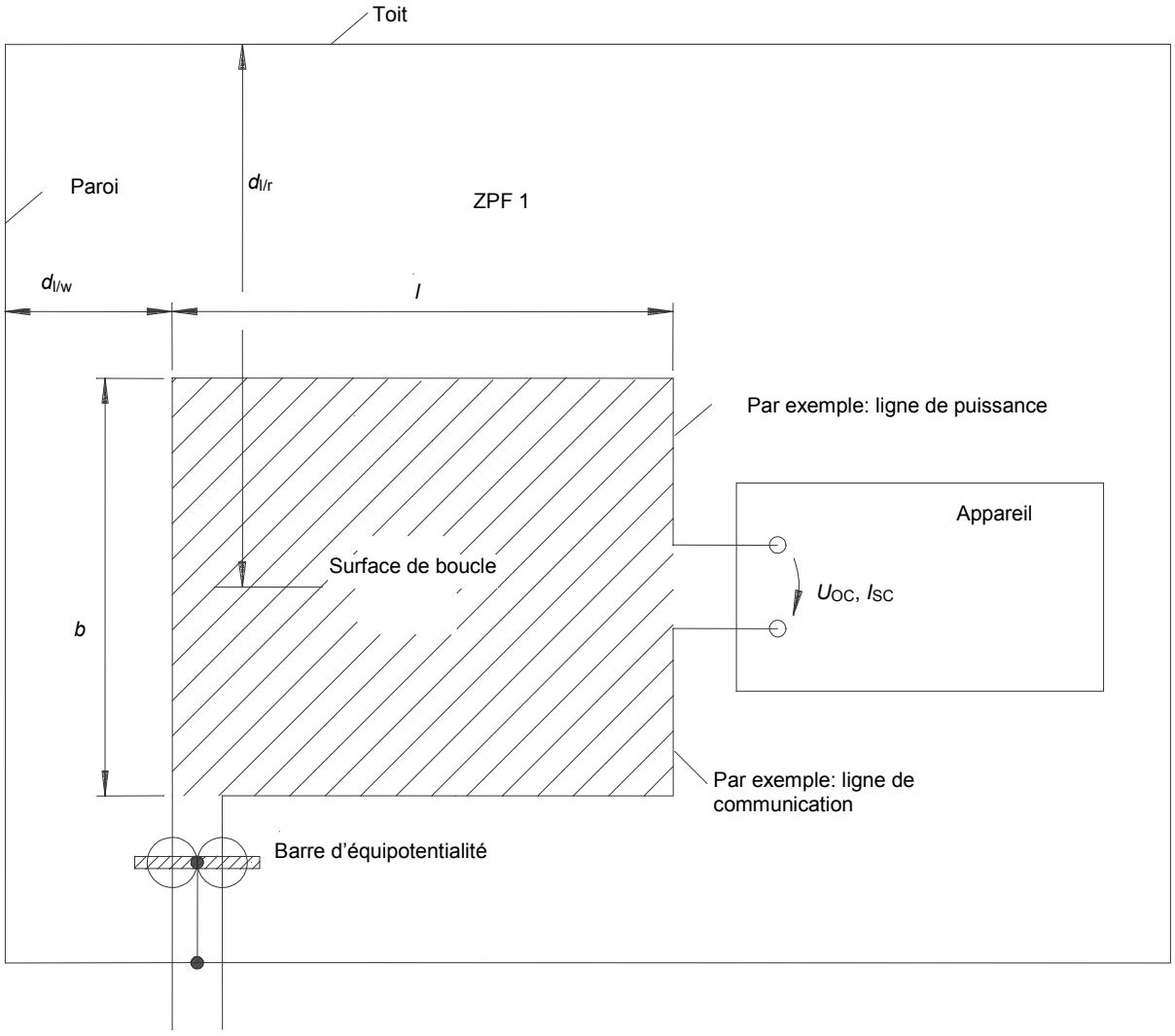


Figure A.14 – Tensions et courants induits dans une boucle formée par les lignes

A.5.2 Situation dans une ZPF 1 en cas de coup de foudre direct

Pour le champ magnétique H_1 dans le volume V_S d'une ZPF 1, le principe suivant s'applique (voir A.4.1.1):

$$H_1 = k_h \times I_0 \times w_m / (d_w \times \sqrt{d_r}) \text{ (A/m)} \quad \text{(A.21)}$$

La tension du circuit ouvert U_{OC} est donnée par:

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times di_0 / dt \text{ (V)} \quad \text{(A.22)}$$

Durant le temps de montée T_1, la valeur crête s'élève à $U_{OC/MAX}$:

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{0/MAX} / T_1 \text{ (V)} \quad \text{(A.23)}$$

où

μ_o est égal à $4 \times \pi$ x10^{-7} (Vs)/(Am);

www.TeraStandard.com

b (m) est la largeur de la boucle;

$d_{l/w}$ (m) est la distance entre la boucle et la paroi de l'écran, avec $d_{l/w} \geq d_{s/1}$;

$d_{l/r}$ (m) est la distance moyenne entre la boucle et la toiture de l'écran;

I_0 (A) est le courant de foudre dans la ZPF 0_A;

$I_{0/MAX}$ (A) est la valeur maximale du courant de foudre dans la ZPF 0_A;

k_h (1/√m) est le facteur de configuration k_h = 0,01;

l (m) est la longueur de la boucle;

T_1 (s) est le temps de montée du courant de foudre dans la ZPF 0_A;

w_m (m) est la largeur de maille de l'écran en grille.

Le courant de court-circuit I_{SC}, est donné par:

$$I_{SC} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_0 / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.24)}$$

où la résistance ohmique du conducteur est négligée (cas le plus défavorable).

La valeur maximale $I_{SC/MAX}$ est donnée par:

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \ln(1 + l/d_{l/w}) \times k_h \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{0/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.25)}$$

où L_S (H) est l'auto-inductance de la boucle.

Pour des boucles rectangulaires, l'auto-inductance L_S peut être calculée à partir de:

$$L_S = \{ 0{,}8 \times \sqrt{l^2 + b^2} - 0{,}8 \times (l + b) + 0{,}4 \times l \times \ln\left[(2b / r_c) / \left(1 + \sqrt{1 + (b / l)^2} \right) \right]$$

$$+ 0{,}4 \times b \times \ln\left[\left(2l / r_c \right) / \left(1 + \sqrt{1 + (l / b)^2} \right) \right] \} \times 10^{-6} \text{ (H)} \quad \text{(A.26)}$$

où r_c (m) est le rayon du conducteur de boucle.

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique du premier coup positif (T_1 = 10 μs), on obtient:

$$U_{OC/F/MAX} = 1{,}26 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{F/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.27)}$$

$$I_{SC/F/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{F/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.28)}$$

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique du premier coup négatif (T_1 = 1 μs), on obtient:

$$U_{OC/FN/MAX} = 12{,}6 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{FN/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.29)}$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{FN/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.30)}$$

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique des coups consécutifs (T_1 = 0,25 μs), on obtient:

$$U_{OC/S/MAX} = 50{,}4 \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{S/MAX} \text{ (V} \quad \text{(A.31)}$$

www.TeraStandard.com

$$I_{SC/S/MAX} = 12{,}6 \times 10^{-6} \times b \times \ln(1 + l/d_{l/w}) \times (w_m / \sqrt{d_{l/r}}) \times I_{S/MAX}/L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.32)}$$

où

$I_{F/MAX}$ (kA) est la valeur maximale du courant de premier coup positif;

$I_{FN/MAX}$ (kA) est la valeur maximale du courant de premier coup négatif;

$I_{S/MAX}$ (kA) est la valeur maximale du courant des coups consécutifs.

A.5.3 Situation dans la ZPF 1 en cas d'impact de foudre proche

Le champ magnétique H_1 dans le volume V_S de la ZPF 1 est supposé homogène (voir A.4.1.2).

La tension de circuit ouvert U_{OC} est donnée par:

$$U_{OC} = \mu_o \times b \times l \times dH_1 / dt \text{ (V)} \quad \text{(A.33)}$$

Durant le temps de montée T_1, la valeur crête s'élève à $U_{OC/MAX}$:

$$U_{OC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / T_1 \text{ (V)} \quad \text{(A.34)}$$

où

μ_o est égal à $4\pi\ 10^{-7}$ (Vs)/(Am);

b (m) est la largeur de la boucle;

H_1 (A/m) est le champ magnétique dans la ZPF 1 en fonction du temps;

$H_{1/MAX}$ (A/m) est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1;

l (m) est la longueur de la boucle;

T_1 (s) est le temps de montée du champ magnétique, identique à celui du courant de foudre.

Le courant de court-circuit I_{SC} est donné par:

$$I_{SC} = \mu_o \times b \times l \times H_1 / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.35)}$$

où la résistance ohmique du conducteur est négligée (cas le plus défavorable).

La valeur maximale $I_{SC/MAX}$ est donnée par:

$$I_{SC/MAX} = \mu_o \times b \times l \times H_{1/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.36)}$$

où L_S (H) est l'auto-inductance de la boucle (pour le calcul de L_S, voir A.5.2).

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/F}$ du premier coup positif (T_1 = 10 μs), on obtient:

$$U_{OC/F/MAX} = 0{,}126 \times b \times l \times H_{1/F/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.37)}$$

$$I_{SC/F/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/F/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.38)}$$

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/FN}$ du premier coup négatif (T_1 = 1 μs), on obtient:

www.TeraStandard.com

$$U_{OC/FN/MAX} = 1{,}26 \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.39)}$$

$$I_{SC/FN/MAX} = 1{,}26\ 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/FN/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.40)}$$

Pour la tension et le courant induits par le champ magnétique $H_{1/S}$ des coups consécutifs (T_1 = 0,25 μs), on obtient:

$$U_{OC/S/MAX} = 5{,}04 \times b \times l \times H_{1/S/MAX} \text{ (V)} \quad \text{(A.41)}$$

$$I_{SC/S/MAX} = 1{,}26 \times 10^{-6} \times b \times l \times H_{1/S/MAX} / L_S \text{ (A)} \quad \text{(A.42)}$$

où

$H_{1/F/MAX}$ (A/m) est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 due au premier coup positif;

$H_{1/FN/MAX}$ (A/m) est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 due au premier coup négatif;

$H_{1/S/MAX}$ (A/m) est la valeur maximale du champ magnétique dans la ZPF 1 due aux coups consécutifs.

A.5.4 Situation dans une ZPF 2 ou d'ordre supérieur

Le champ magnétique H_n dans la ZPF n pour n ≥ 2 est supposé homogène (voir A.4.1.3).

Ainsi, les mêmes formules de calcul que celles données en A.4.1.2 sont applicables pour les tensions et courants induits, en remplaçant H_1 par H_n.

www.TeraStandard.com

Annexe B
(informative)

Mise en œuvre d'une MPF pour une structure existante

B.1 Généralités

Pour les matériels installés dans des structures existantes, il n'est pas toujours possible de suivre les mesures de MPF spécifiées dans la présente norme. La présente annexe tente de décrire les principaux points à prendre en considération et donne des informations sur les mesures de protection qui ne sont pas obligatoires, mais qui peuvent aider à améliorer la protection générale assurée.

B.2 Listes de vérifications

Dans les structures existantes, des mesures de protection appropriées nécessitent la prise en compte de la construction concernée et des conditions de la structure, ainsi que des réseaux de puissance et de communication.

Un ensemble de listes de vérifications facilite l'analyse du risque et le choix des mesures de protection les plus appropriées.

Pour les structures existantes notamment, il convient de dresser une liste systématique pour la définition des zones, la mise à la terre, l'équipotentialité, le cheminement et les écrans.

Il convient d'utiliser les listes de vérifications données dans les Tableaux B.1 à B.4 pour collecter les données requises de la structure existante et de ses installations. En se fondant sur ces données, il convient d'effectuer une évaluation des risques conformément à la CEI 62305-2 pour déterminer la nécessité d'une protection et, dans ce cas, identifier les mesures de protection les plus rentables à appliquer.

NOTE 1 Pour des informations complémentaires sur la protection contre les perturbations électromagnétiques dans les bâtiments, voir la CEI 60364-4-44[1].

Les données collectées au moyen des listes de vérifications sont également utiles pour la conception.

Tableau B.1 – Caractéristiques des structures et environnements

Point	Question [a]
1	Structures maçonnées, briques, bois, béton armé, structures en acier ou façade métallique?
2	Structure intégrée simple ou blocs interconnectés avec joints d'expansion?
3	Structures plates basses ou élevées ? (dimensions de la structure)
4	Des tiges de renfort sont-elles interconnectées à la structure?
5	Genre, type et qualité du matériau métallique de la toiture?
6	Les façades métalliques sont-elles reliées à la liaison équipotentielle?
7	Les cadres métalliques des fenêtres sont-ils reliés à la liaison équipotentielle?
8	Dimensions des fenêtres?
9	La structure est-elle équipée d'un système extérieur de protection contre la foudre?
10	Type et qualité de ce SPF?
11	Nature du sol (roche, argile)?
12	Hauteur, distance et mise à la terre des structures adjacentes?

[a] Pour des informations détaillées, voir la CEI 62305-2.

www.TeraStandard.com

Tableau B.2 – Caractéristiques des installations

Point	Question [a]
1	Type de services entrants (enterrés ou aériens)?
2	Type d'aériens (antennes ou autres dispositifs externes)?
3	Type d'alimentation électrique (haute ou basse tension, enterrée ou aérienne)?
4	Cheminement des canalisations (nombre et emplacement des colonnes montantes, conduits)?
5	Utilisation de conduits métalliques?
6	Les matériels sont-ils intégrés dans la structure?
7	Connexions métalliques à d'autres structures?
[a] Pour des informations détaillées, voir la CEI 62305-2.	

Tableau B.3 – Caractéristiques des matériels

Point	Question [a,b]
1	Type d'interconnexions de réseaux internes (câbles multiconducteurs écrantés ou non, câbles coaxiaux, analogiques et/ou numériques, symétriques ou non, à fibre optique)? [a]
2	Le niveau de tenue du réseau de communication est-il spécifié ? [a, b]
[a] Pour des informations détaillées, voir la CEI 62305-2. [b] Pour des informations détaillées, voir l'UIT-T K.21[4], la CEI 61000-4-5, la CEI 61000-4-9 et la CEI 61000-4-10.	

Tableau B.4 – Autres questions à considérer pour la détermination du concept de protection

Point	Question [a]
1	Configuration de mise à la terre de l'alimentation électrique - TN (TN-S ou TN-C), TT ou IT?
2	Emplacement du matériel? [a]
3	Existe-t-il des interconnexions des conducteurs de mise à la terre fonctionnels du réseau interne avec le réseau d'équipotentialité?
[a] Pour des informations détaillées, voir l'Annexe A.	

B.3 Conception de la MPF pour une structure existante

La première étape du processus de conception consiste à utiliser la liste de vérifications conformément à l'Article B.2 et à réaliser l'évaluation des risques.

Si l'analyse révèle la nécessité d'une MPF, il convient alors de la mettre en œuvre en suivant les étapes spécifiées dans la Figure B.1.

Affecter des ZPF appropriées à tous les emplacements d'installation des matériels à protéger (voir 4.3).

Les mesures de MPF doivent être fondées sur le principe de blindage interne et de réseau d'équipotentialité. Il convient que les largeurs de maille de ce réseau ne dépassent pas 5 m dans toutes les directions. Si la disposition de la structure ne permet pas d'appliquer ce blindage et ce réseau d'équipotentialité, il convient d'installer au moins un conducteur de ceinturage à l'intérieur de la paroi extérieure de la structure à chaque étage. Il convient de relier ce conducteur de ceinturage à chaque conducteur de descente du SPF extérieur.

NOTE L'amélioration des mesures de blindage d'un bâtiment existant est souvent impossible à réaliser et non rentable. Lorsque tel est le cas, une autre solution efficace consiste à utiliser des parafoudres.

www.TeraStandard.com

B.4 Conception des mesures de protection fondamentales pour les ZPF

B.4.1 Conception des mesures de protection fondamentales pour la ZPF 1

Il convient que les mesures de protection soient fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la paroi extérieure, qui constitue généralement la frontière de la ZPF 1. Si la paroi extérieure ne constitue pas la frontière de la ZPF 1 et s'il est impossible de réaliser un blindage interne et un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage à la frontière de la ZPF 1. Le conducteur de ceinturage doit être connecté au conducteur de ceinturage de la paroi extérieure au moins en deux emplacements aussi éloignés que possible.

B.4.2 Conception des mesures de protection fondamentales pour la ZPF 2

Les mesures de protection sont fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la paroi extérieure. S'il est impossible de réaliser un blindage interne et un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage à la frontière de chaque ZPF 2. Si les dimensions d'une ZPF 2 sont plus grandes que 5 m × 5 m, une subdivision doit être réalisée pour obtenir des mailles ne dépassant pas 5 m × 5 m. Le conducteur de ceinturage doit être connecté au conducteur de ceinturage de la ZPF 1 environnante au moins en deux emplacements aussi éloignés que possible.

B.4.3 Conception des mesures de protection fondamentales pour la ZPF 3

Les mesures de protection sont fondées sur le blindage interne et le réseau d'équipotentialité ou le conducteur de ceinturage à l'intérieur de la ZPF 2. S'il est impossible de réaliser un blindage interne et un réseau d'équipotentialité, il convient d'installer un conducteur de ceinturage à la frontière de chaque ZPF 3. Si les dimensions d'une ZPF 3 sont plus grandes que 5 m × 5 m, une subdivision doit être réalisée pour obtenir des mailles ne dépassant pas 5 m × 5 m. Le conducteur de ceinturage doit être connecté au conducteur équivalent de la ZPF 2 environnante au moins en deux emplacements aussi éloignés que possible.

B.5 Mise en œuvre de parafoudres coordonnés

Il convient que le système de protection coordonnée par parafoudres soit conçu pour protéger les câbles traversant les frontières des différentes ZPF.

La conception de mesures complémentaires améliore grandement la protection par équipotentialité et parafoudres.

La conception des chemins de câbles, supports de câbles et dispositifs analogues doit être améliorée pour qu'ils constituent des écrans appropriés pour les câbles qu'ils contiennent et/ou qui les chevauchent.

Si possible, il convient d'envisager des mesures supplémentaires, telles que le blindage des parois, planchers, plafonds etc., pour assurer une protection complémentaire aux mesures déjà appliquées (voir Article 6).

Concevoir des mesures permettant d'améliorer les interconnexions entre la structure considérée et les autres structures (voir l'Article B.11).

Lorsque des réseaux internes neufs sont installés dans une structure déjà équipée de mesures de protection, il convient de répéter le processus de conception pour l'emplacement de ces réseaux internes.

L'organigramme ci-dessous illustre le processus de conception dans son ensemble (voir Figure B.1).

www.TeraStandard.com

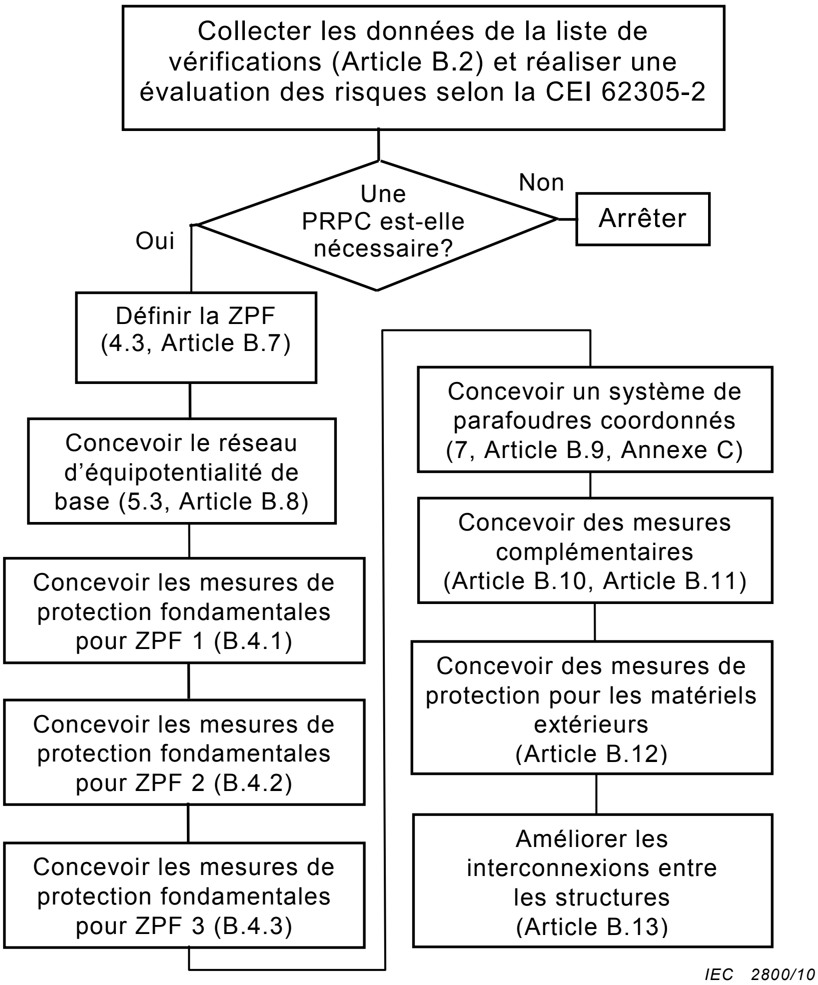


Figure B.1 – Etapes de la conception d'une MPF pour une structure existante

B.6 Amélioration d'un système de protection contre la foudre (SPF) existant utilisant l'écran spatial de ZPF 1

Un SPF existant (conformément à la CEI 62305-3) autour de la ZPF 1 peut être amélioré par

– l'intégration des façades et toitures métalliques existantes dans le SPF extérieur,
– l'utilisation des armatures du béton de la toiture et des façades pour la mise à la terre si la continuité de la mise à la terre peut être assurée,
– la réduction de l'espacement entre les conducteurs de descente et des dimensions des mailles du dispositif de capture typiquement en dessous de 5 m,
– l'installation de conducteurs d'équipotentialité souples sur les joints d'expansion entre des blocs armés adjacents et séparés.

B.7 Détermination des ZPF pour les réseaux de puissance et de communication

En fonction du nombre, du type et de la sensibilité des réseaux de puissance et de communication, des ZPF intérieures appropriées sont définies, depuis des petites zones locales (enveloppe d'un simple matériel électronique) jusqu'à des zones intégrées importantes (totalité du bâtiment).

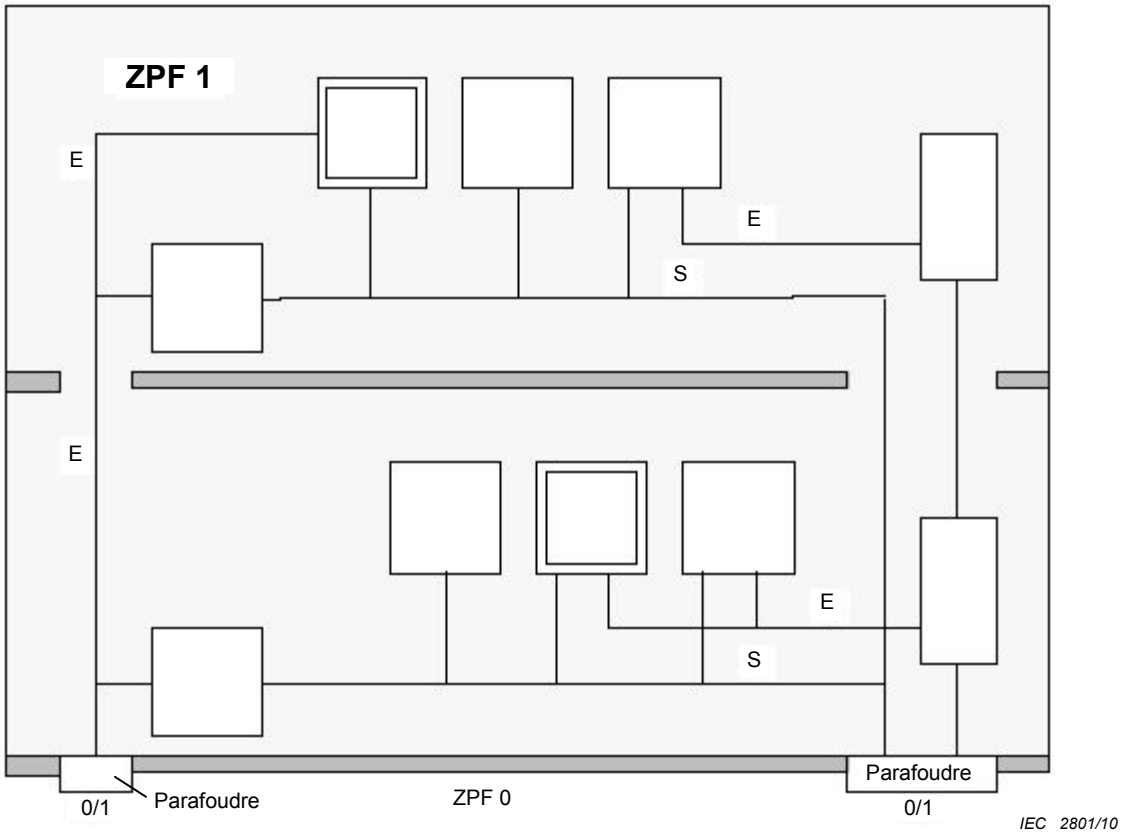
www.TeraStandard.com

La Figure B.2 montre le principe de ZPF typiques pour la protection des réseaux internes en donnant diverses solutions appropriées pour des structures existantes plus particulièrement:

La Figure B.2a montre l'installation d'une simple ZPF 1, en créant un volume protégé dans l'ensemble de la structure, par exemple, pour des réseaux internes à niveaux de tenue en tension améliorés:

– Cette ZPF 1 peut être créée par un système de protection contre la foudre conforme à la CEI 62305-3, constitué par un SPF extérieur (dispositif de capture, conducteur de descente et réseau de prises de terre) et par un SPF intérieur (liaison équipotentielle de foudre et conformité avec les distances de séparation).
– Le SPF extérieur protège la ZPF 1 contre les coups de foudre sur la structure, mais le champ magnétique dans la ZPF 1 demeure peu atténué, dans la mesure où les dispositifs de capture et les conducteurs de descente présentent des largeurs de mailles et des distances typiques de plus de 5 m. C'est la raison pour laquelle l'effet d'écran spatial est négligeable tel qu'expliqué ci-dessus.
– Le SPF intérieur nécessite la liaison équipotentielle de tous les services pénétrant dans la structure à la frontière de la ZPF 1, y compris l'installation des parafoudres sur tous les réseaux de puissance et de communication. Cette disposition entraîne le contrôle par parafoudres des chocs conduits sur les services entrants.

NOTE Les interfaces d'isolement peuvent être utiles dans la ZPF 1 afin d'éviter des perturbations à basse fréquence.

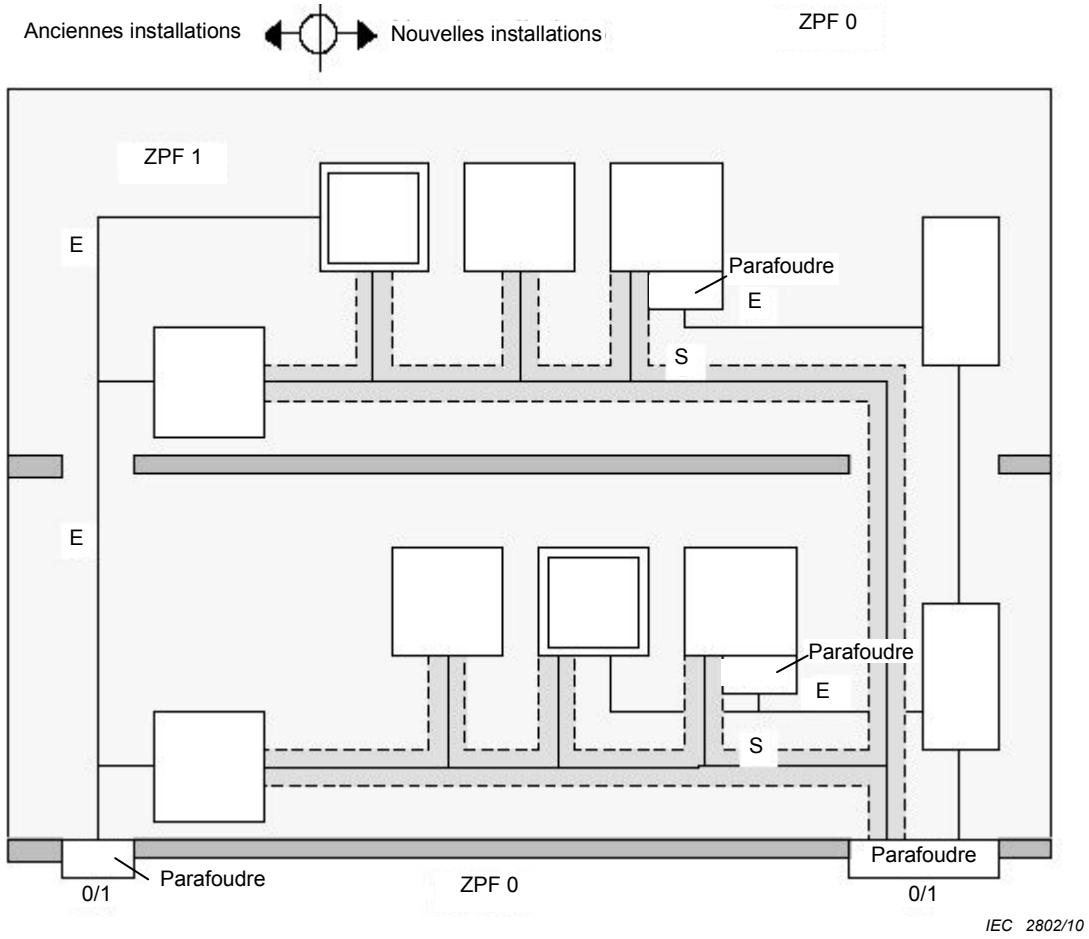


Légende

E réseaux de puissance
S réseaux de communication

Figure B.2a – ZPF 1 non blindée utilisant un SPF et des parafoudres à l'entrée des réseaux dans la structure (par exemple, pour un niveau de tenue en tension amélioré des réseaux ou pour de petites boucles dans la structure)

www.TeraStandard.com

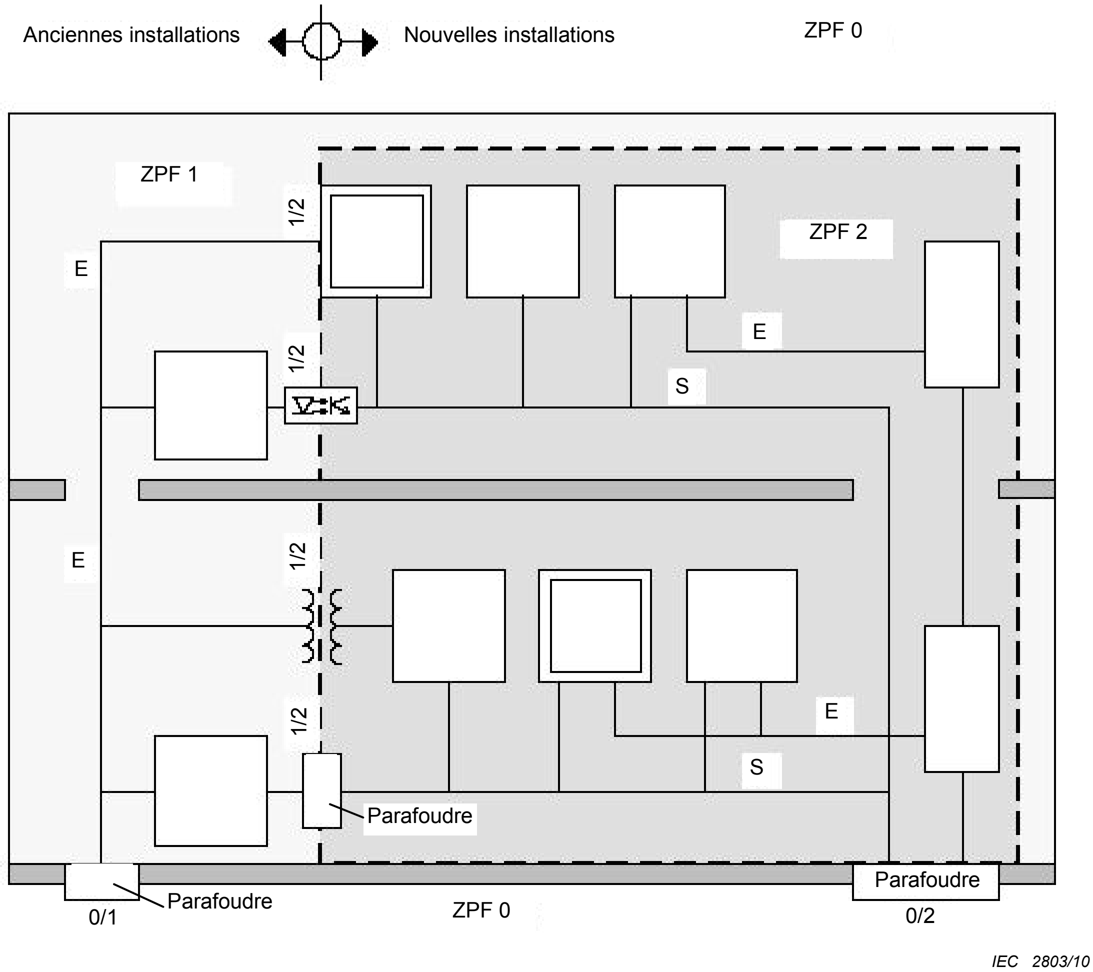


Légende

E réseaux de puissance
S réseaux de communication

Figure B.2b – ZPF 1 non blindée avec une protection pour de nouveaux réseaux internes utilisant des réseaux de communication écrantés et des parafoudres coordonnés dans les réseaux de puissance

www.TeraStandard.com

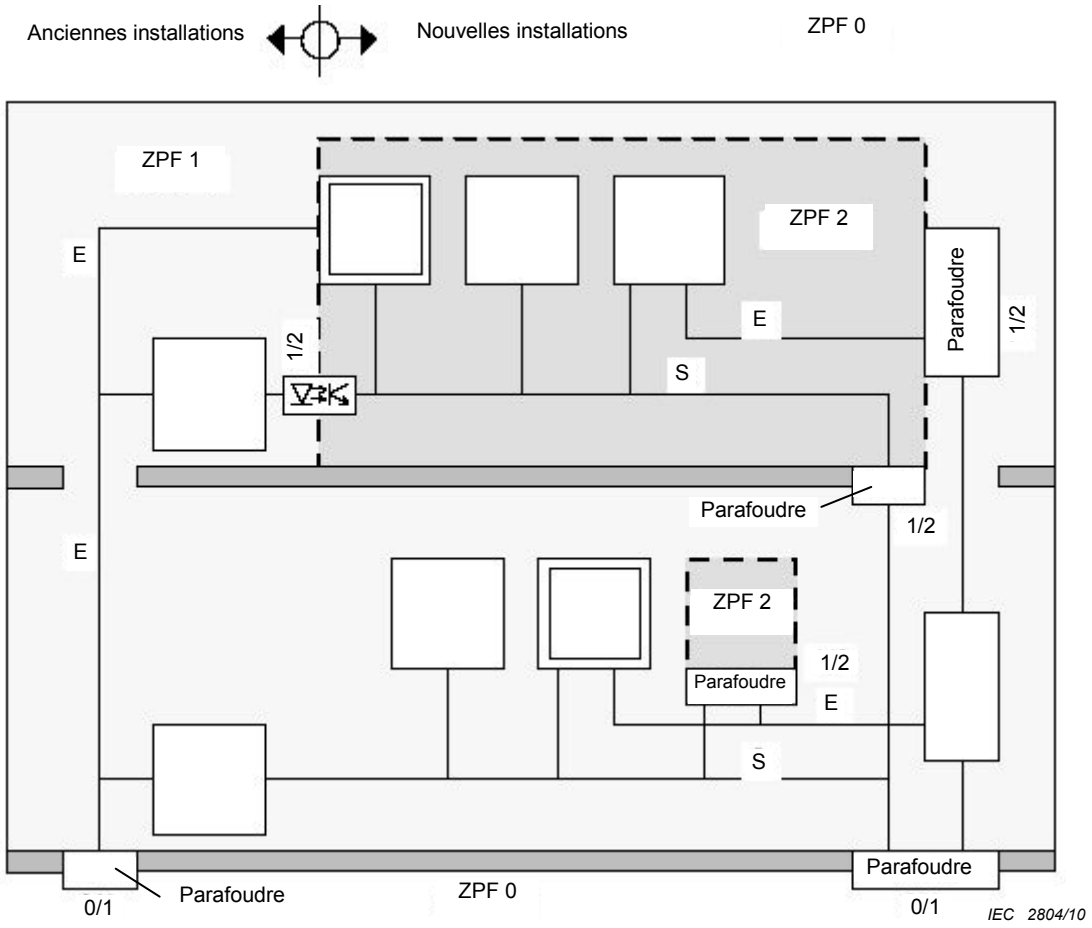


Légende

E réseaux de puissance
S réseaux de communication

Figure B.2c – ZPF 1 non blindée et ZPF 2 de grand volume avec écran pour de nouveaux réseaux internes

www.TeraStandard.com



Légende

E réseaux de puissance
S réseaux de communication

Figure B.2d – ZPF 1 non blindée et deux ZPF 2 locales pour de nouveaux réseaux internes

Figure B.2 – Etablissement possible des ZPF dans les structures existantes

La Figure B.2b montre que dans une ZPF 1 non écrantée, les nouveaux matériels doivent également être protégés contre les chocs conduits. Par exemple, les réseaux de communication peuvent être protégés par des câbles écrantés et les réseaux de puissance par un système de protection coordonnée par parafoudres. Cela peut nécessiter des parafoudres supplémentaires soumis à essai sous I_N et des parafoudres soumis à essai sous onde combinée, installés à proximité des matériels et coordonnés avec les parafoudres à l'origine du réseau. Cela peut également nécessiter une « isolation double » supplémentaire de Classe II pour les matériels.

La Figure B.2c montre l'installation d'une grande ZPF 2 intégrée dans une ZPF 1 pour s'adapter aux nouveaux réseaux internes. L'écran spatial en grille de la ZPF 2 assure une atténuation significative du champ magnétique de foudre. Du côté gauche, il convient que les parafoudres placés à la frontière de la ZPF 1 (transition ZPF 0/1) et, par la suite à la frontière de la ZPF 2 (transition des ZPF 1/2) soient coordonnés conformément à la CEI 61643-12. Du côté droit, il convient que les parafoudres à la frontière de la ZPF 1 soient choisis pour une transition directe des ZPF 0/2 (voir C.3.5).

La Figure B.2d montre l'installation de deux ZPF 2 de plus petites dimensions à l'intérieur de la ZPF 1. Il convient d'installer des parafoudres complémentaires sur les réseaux de puissance et de communication à la frontière de chaque ZPF 2. Il convient que ces

www.TeraStandard.com

parafoudres soient coordonnés avec les parafoudres à la frontière de la ZPF 1 conformément à la CEI 61643-12.

B.8 Protection par réseau d'équipotentialité

Les réseaux de prises de terre à fréquence industrielle existants peuvent ne pas fournir une équipotentialité satisfaisante pour des courants de foudre de fréquences de plusieurs MHz, car leur impédance peut se révéler trop élevée à ces fréquences.

Même un SPF conforme à la CEI 62305-3 permettant des mailles de largeur généralement supérieure à 5 m avec liaison équipotentielle de foudre en tant que partie obligatoire du SPF intérieur, peut être insuffisant pour des réseaux internes sensibles. Ceci est dû à l'impédance de ce réseau d'équipotentialité pouvant toujours être trop élevée pour cette application.

Un réseau d'équipotentialité à faible impédance avec un maillage typique de 5 m de largeur ou en dessous est fortement recommandé.

Généralement, il convient que le réseau d'équipotentialité ne serve pas de conducteur de retour, de puissance ou de communication. Pour cette raison, il convient que le conducteur PE soit incorporé au réseau d'équipotentialité, mais il convient que le PEN ne le soit pas.

Une liaison directe d'un conducteur de protection fonctionnelle (par exemple, terre propre spécifique à un réseau de communication) au réseau d'équipotentialité à faible impédance est admise, car le couplage interférentiel dans les réseaux de puissance ou de communication sera très faible dans ce cas. Aucune liaison directe avec le conducteur PEN ou d'autres parties métalliques qui y sont reliées n'est admise, afin d'éviter des perturbations à fréquence industrielle dans le réseau de communication.

B.9 Protection par parafoudres

Pour le contrôle des chocs conduits dus à un impact de foudre sur les lignes électriques, il convient d'installer des parafoudres à l'entrée de toute ZPF intérieure (voir Figure B.2 et Figure B.8, n° 3).

Dans des bâtiments ne comportant pas de parafoudres coordonnés, des dommages sur le réseau interne peuvent se produire si un parafoudre en aval ou un parafoudre intégré dans le matériel ne permet pas le bon fonctionnement du parafoudre installé à l'entrée du service.

Afin de maintenir l'efficacité des mesures de protection adoptées, il est nécessaire d'établir un plan d'installation de tous les parafoudres prévus.

B.10 Protection par interfaces d'isolement

Les courants de perturbation à fréquence industrielle dans les matériels et leurs câbles de communication associés peuvent être dus soit à des boucles de grande surface, soit à l'absence d'un réseau d'équipotentialité d'une impédance suffisamment faible. Pour éviter ce type de perturbations (essentiellement en schémas TN-C), une séparation appropriée entre les installations existantes et les nouvelles installations peut être réalisée par des interfaces d'isolement telles que:

– des matériels isolés de classe II (c'est-à-dire double isolation sans conducteur PE),
– des transformateurs d'isolement,
– des câbles non métalliques à fibre optique,
– des coupleurs optiques.

www.TeraStandard.com

NOTE Il convient de veiller à ce que les enveloppes de matériels métalliques ne présentent pas de connexion accidentelle galvanique avec le réseau d'équipotentialité ou d'autres parties métalliques, mais en revanche à ce qu'elles soient isolées. Cela correspond au cas général car les matériels électroniques de bureau (ou domestiques) sont connectés à la terre de référence par les seuls câbles de connexion.

B.11 Mesures de protection par cheminement et par écran

Un cheminement et un écran appropriés constituent des mesures efficaces de réduction des surtensions induites. Ces mesures sont particulièrement importantes si l'efficacité de l'écran spatial de la ZPF 1 est négligeable. Dans ce cas, les principes suivants apportent une protection améliorée:

– diminution de la surface de boucle d'induction;

– il convient d'éviter l'alimentation de nouveaux matériels par le secteur existant car cela créerait des boucles d'induction fermées de grande surface et de ce fait des risques de dégradation accrus. De plus, des cheminements adjacents de réseaux de puissance et de communication peuvent éviter la présence de larges boucles (voir Figure B.8, n° 8);

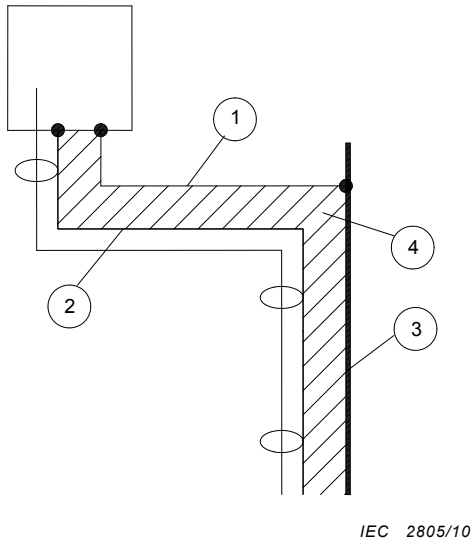
– utilisation de câbles écrantés – il convient de relier les écrans de ces réseaux de communication au moins à chacune de leurs deux extrémités;

– utilisation de conduits métalliques ou de plaques métalliques mises à la terre – il convient que les parties séparées des sections métalliques présentent une bonne continuité électrique et que chaque extrémité soit reliée sur toute leur longueur. Il convient que les connexions soient réalisées par boulonnage des parties à recouvrement ou par des conducteurs d'équipotentialité. Afin de maintenir une impédance faible du câble, il convient de distribuer des vis multiples ou des bandes à la périphérie du conduit (voir la CEI 61000-5-2)[6].

Des exemples de techniques de cheminement et d'écran correctes sont présentés dans les Figures B.3 et B.4.

NOTE Lorsque la distance entre les lignes de communication et le matériel électronique dans les zones générales (non désignées particulièrement pour les réseaux de communication) est supérieure à 10 m, il est recommandé d'utiliser des lignes d'équilibrage avec des ports à isolation galvanique appropriés, par exemple, des coupleurs optiques, transformateurs ou amplificateurs d'isolement. De plus, l'utilisation de câbles tripolaires peut être avantageuse.

www.TeraStandard.com

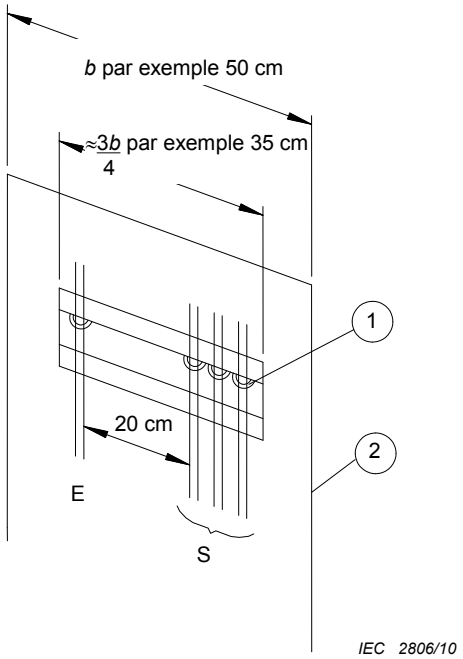


Légende

1 PE seulement lorsque des matériels de classe I sont utilisés
2 l'écran éventuel du câble doit être mis à la terre à ses deux extrémités
3 plaque métallique comme écran complémentaire (voir Figure B.4)
4 boucle de petites dimensions

NOTE En raison des petites dimensions de la boucle, la tension induite entre l'écran du câble et la plaque métallique est faible.

Figure B.3 – Réduction des dimensions de la boucle en utilisant des câbles écrantés proches d'une plaque métallique



Légende

1 fixation du câble avec ou sans connexion des écrans du câble à la plaque
2 sur les bords, le champ magnétique est supérieur à celui du milieu de la plaque
E lignes de puissance
S lignes de communication

Figure B.4 – Exemple de plaque métallique utilisée comme écran complémentaire

www.TeraStandard.com

B.12 Mesures de protection pour des matériels placés à l'extérieur

B.12.1 Généralités

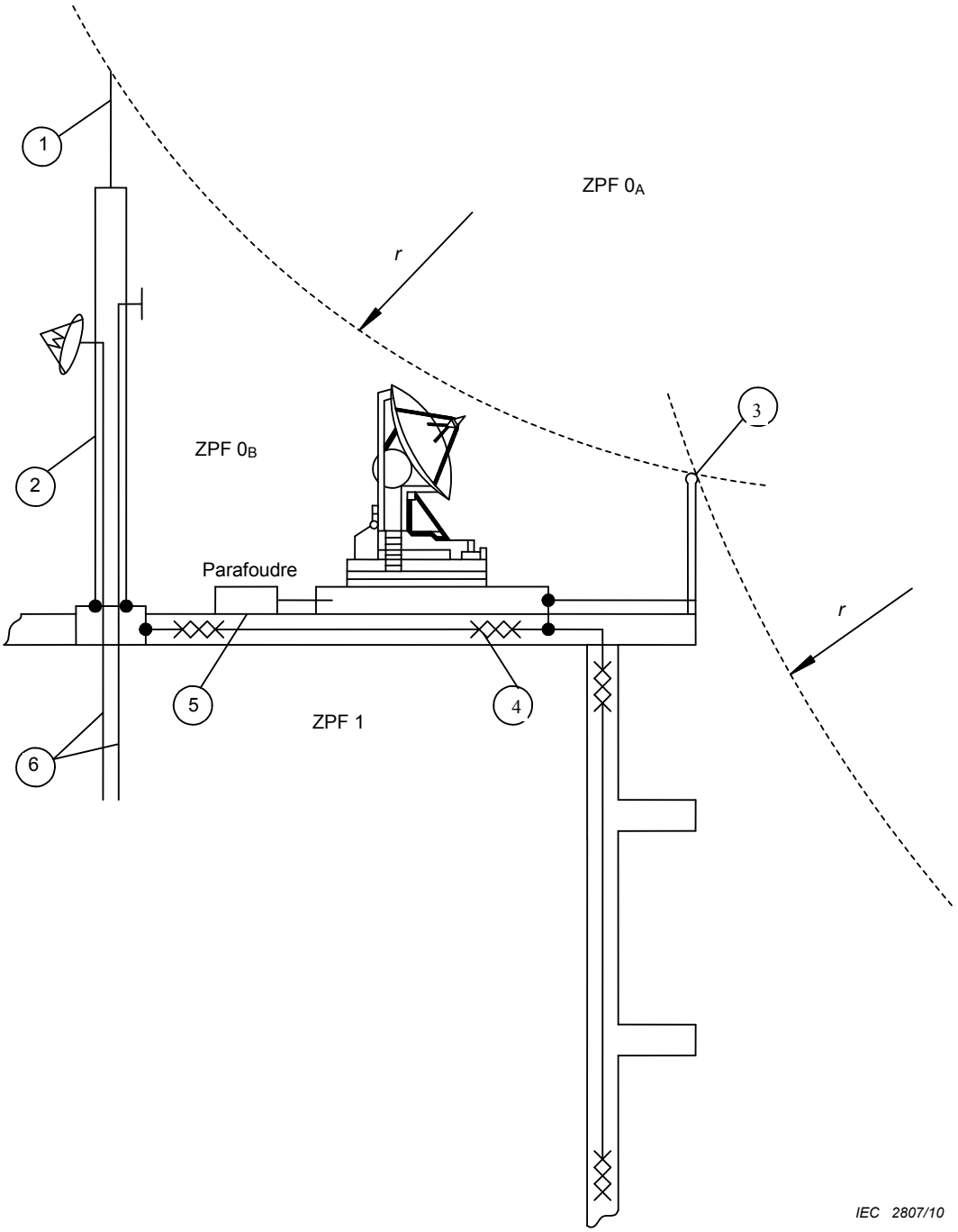
Les exemples de matériels placés à l'extérieur incluent: les capteurs de tout type comprenant des aériens, les capteurs météorologiques, les caméras vidéo de surveillance, les capteurs exposés placés sur des installations de traitement (pression, température, débit, position de vanne, etc.) et tout autre matériel électrique, électronique ou radio situé à l'extérieur sur des structures, des mâts et des citernes.

B.12.2 Protection des matériels extérieurs

Il convient, dans toute la mesure du possible, de placer le matériel sous la zone de protection LPZ 0_B, en utilisant par exemple un dispositif de capture local de manière à protéger le matériel contre les coups de foudre directs (voir Figure B.5).

Sur des structures de grande hauteur, il convient d'appliquer la méthode de la sphère fictive (voir CEI 62305-3) afin de déterminer si les matériels situés sur la toiture ou sur les façades du bâtiment peuvent faire l'objet d'un coup de foudre direct. Si tel est le cas, il convient d'utiliser des dispositifs de capture supplémentaires. Dans de nombreux cas, des rambardes, échelles, canalisations, etc. peuvent parfaitement remplir la fonction de dispositif de capture. Tous les matériels, à l'exception de quelques formes d'aériens, peuvent être protégés de cette manière. Les aériens doivent parfois être placés en des lieux exposés, afin d'éviter que leurs performances ne soient altérées par les conducteurs de foudre proches. Certains aériens présentent une auto-protection intrinsèque car seuls des conducteurs de mise à la terre sont exposés aux coups de foudre. D'autres types d'aériens peuvent nécessiter la mise en place de parafoudres sur leurs câbles d'alimentation pour empêcher l'écoulement de transitoires excessifs dans le câble vers le récepteur ou l'émetteur. Lorsqu'un SPF extérieur est installé, il convient que les supports des aériens y soient reliés.

www.TeraStandard.com



Légende

1 tige de captation
2 mât en acier avec antennes
3 rambardes
4 armatures interconnectées
5 ligne issue de ZPF 0_B nécessitant un parafoudre en entrée
6 lignes issues de ZPF 1 (interne au mât) pouvant ne pas nécessiter de parafoudre en entrée
r rayon de la sphère fictive

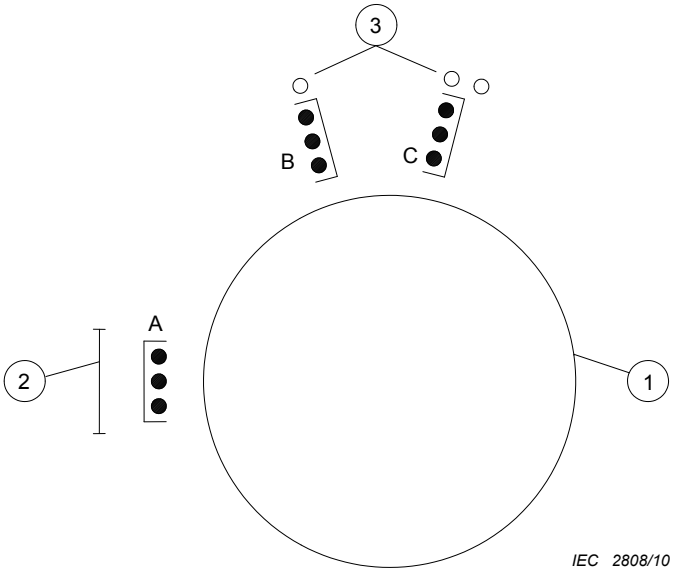
Figure B.5 – Protection d'antennes et autres matériels extérieurs

B.12.3 Réduction des surtensions dans les câbles

Des tensions et des courants induits élevés peuvent être évités par un cheminement des câbles dans des conduits, réseaux ou tubes métalliques reliés à l'équipotentialité. Il convient que tous les câbles menant au matériel concerné quittent le chemin de câbles en un seul point. Il convient, dans toute la mesure du possible, d'exploiter au mieux les propriétés de

www.TeraStandard.com

blindage inhérentes à la structure en faisant cheminer tous les câbles dans les composants tubulaires de la structure. Lorsque cela n'est pas possible, comme dans le cas des citernes, il convient de faire cheminer les câbles à l'extérieur, mais néanmoins à proximité de la structure, en utilisant au mieux les écrans naturels formés par les canalisations, échelles métalliques et tout autre matériau conducteur éventuel mis à la terre (voir Figure B.6). Sur les mâts à cornière en forme de L, il convient de placer les câbles à l'intérieur de la cornière pour une protection maximale de la structure (voir Figure B.7).

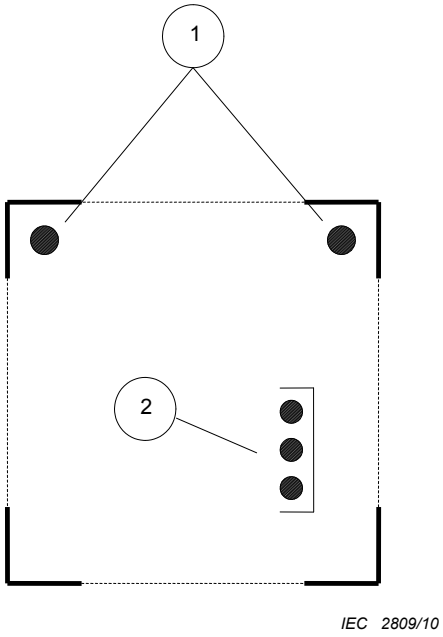


Légende

1 citerne
2 échelle
3 canalisations

NOTE A, B et C constituent de bons choix pour l'emplacement des chemins de câbles.

Figure B.6 – Ecran naturel fourni par des échelles et canalisations mises à la terre



Légende

1 emplacements idéaux pour les câbles dans les coins des poutres en L
2 autre emplacement pour le chemin de câbles mis à la terre dans le mât

Figure B.7 – Emplacements idéaux pour des lignes sur un mât (section d'un mât-treillis en acier)

www.TeraStandard.com

B.13 Amélioration des interconnexions entre des structures

B.13.1 Généralités

Les lignes interconnectant des structures séparées sont

– soit isolées (câbles à fibre optique non métalliques),ou

– soit métalliques (par exemple, paires câblées, câbles multiconducteurs, guides d'ondes, câbles coaxiaux ou câbles à fibre optique avec composantes métalliques continues).

Les exigences de protection dépendent du type de ligne, du nombre de lignes et de l'interconnexion ou non des réseaux de prises de terre des structures.

B.13.2 Lignes isolées

Si des câbles à fibre optique non métalliques (c'est-à-dire sans écran métallique, barrière antimoisissure ou fil de tirage en acier) sont utilisés pour l'interconnexion de structures séparées, aucune mesure de protection de ces câbles n'est nécessaire.

B.13.3 Lignes métalliques

Si une interconnexion appropriée des réseaux de prises de terre de structures séparées n'est pas réalisée, les lignes d'interconnexion constituent un cheminement de faible impédance pour le courant de foudre. Ainsi, un courant partiel de foudre important peut s'écouler dans ces lignes. Dans ce cas:

– la mise à la terre requise des lignes, directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre à l'entrée des deux ZPF 1, protégera les seuls matériels dans les structures, mais pas les lignes extérieures;

– les lignes peuvent être protégées par l'installation d'un conducteur d'équipotentialité complémentaire en parallèle. Le courant de foudre est alors partagé entre les lignes et ce conducteur;

– il est recommandé d'acheminer les lignes dans des conduits métalliques fermés et interconnectés. Les lignes, ainsi que les matériels, sont alors protégés.

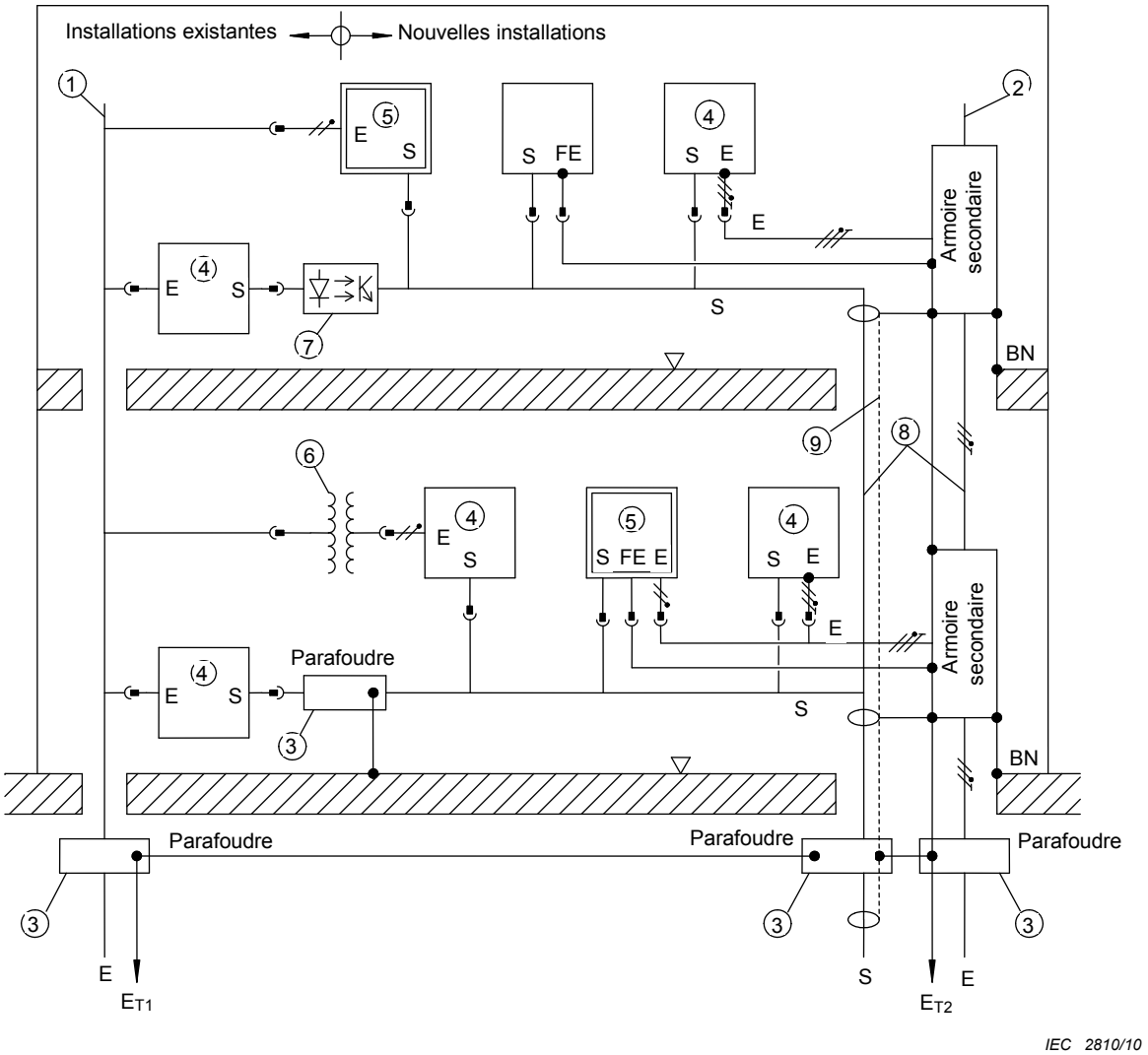
Lorsqu'une interconnexion appropriée des réseaux de prises de terre de structures séparées est réalisée, la protection des lignes par des conduits métalliques interconnectés est toujours recommandée. Lorsque de nombreux câbles cheminent entre des structures interconnectées, les écrans et armures de ces câbles, reliés à chacune de leurs extrémités, peuvent être utilisés en lieu et place des conduits.

B.14 Intégration des nouveaux réseaux internes dans des structures existantes

Lors de l'ajout de nouveaux réseaux internes dans une structure existante, l'installation existante peut présenter des restrictions concernant les mesures de protection qui peuvent être adoptées.

La Figure B.8 montre un exemple d'installation existante (à gauche) interconnectée à une installation nouvelle (à droite). L'installation existante présente des restrictions concernant les mesures de protection pouvant être utilisées. Toutefois, la conception et la planification de la nouvelle installation peuvent permettre l'adoption de l'ensemble des mesures de protection nécessaires.

www.TeraStandard.com



Légende

1	installationbs existantes (TN-C, TT, IT)	E	lignes de puissance
2	nouvelles installations (TN-S, TN-CS, TT, IT)	S	lignes de communication (avec ou sans écran)
3	parafoudre (SPD)	E_T	réseau de prises de terre
4	isolation normalisée de classe I	BN	réseau d'équipotentialité
5	double isolation de classe II sans PE	PE	conducteur de mise à la terre de protection
6	transformateur d'isolement	FE	conducteur de mise à la terre fonctionnel (éventuel)
7	opto-coupleur ou câble à fibre optique		ligne de puissance à 3 conducteurs: L, N, PE
8	cheminement adjacent des réseaux de puissance et de communication		ligne de puissance à 2 conducteurs: L, N
9	conduits avec écran	•	points d'équipotentialité (PE, FE, BN)

Figure B.8 – Amélioration de la MPF dans les structures existantes

www.TeraStandard.com

B.15 Synthèse des mesures de protection possibles

B.15.1 Alimentation

L'alimentation secteur existante (voir Figure B.8, n° 1) dans la structure est très souvent du type TN-C, pouvant générer des perturbations de fréquence industrielle. Ces perturbations peuvent être évitées par des interfaces d'isolement (voir ci-dessous).

Si une nouvelle alimentation secteur est installée (voir Figure B.8, n° 2), le type TN-S est fortement recommandé.

B.15.2 Parafoudres

Pour contrôler les surtensions conduites dans les lignes, il convient d'installer des parafoudres à l'entrée de toute ZPF et éventuellement en amont des matériels à protéger (voir Figure B.8, n° 3 et Figure B.2).

B.15.3 Interfaces d'isolement

Pour éviter des perturbations, des interfaces d'isolement entre les matériels existants et neufs peuvent être utilisées: matériel de classe II isolé (voir Figure B.8, n° 5), transformateurs d'isolement (voir Figure B.8, n° 6), câbles à fibre optique ou coupleurs optiques (voir Figure B.8, n° 7).

B.15.4 Cheminement et blindage

De grandes boucles dans le cheminement peuvent conduire à des tensions ou des courants induits très élevés. Ces boucles peuvent être évitées par des cheminements adjacents des réseaux de puissance et de communication (voir Figure B.8, n° 8) qui permettent de minimiser la surface de boucles. Il est recommandé d'utiliser des réseaux de communication écrantés. Pour des structures étendues, la présence d'un blindage supplémentaire, par exemple, par l'utilisation de conduits métalliques mis à la terre (voir Figure B.8, n° 9) est également recommandée. Il convient que tous ces écrans soient mis à la terre à leurs deux extrémités.

Les mesures de cheminement et de blindage sont d'autant plus importantes que l'efficacité de l'écran spatial est faible dans la ZPF 1 et que la surface de boucles est grande.

B.15.5 Ecran spatial

L'écran spatial d'une ZPF contre les champs magnétiques de foudre nécessite des mailles de largeurs généralement inférieures à 5 m.

Une ZPF 1 créée par un SPF extérieur normal conformément à la CEI 62305-3 (dispositif de capture, conducteur de descente et réseau de prises de terre) présente des largeurs de mailles et des distances typiques supérieures à 5 m. Ainsi, les effets d'écran sont négligeables. Si un écran plus efficace est requis, il convient d'améliorer le SPF extérieur (voir l'Article B.4).

Les zones ZPF 1 et supérieures peuvent nécessiter un écran spatial protégeant les réseaux internes non conformes aux exigences d'émissions rayonnées à radiofréquence et aux exigences d'immunité.

B.15.6 Equipotentialité

L'équipotentialité pour des courants de foudre dont les fréquences peuvent atteindre plusieurs MHz nécessite un réseau maillé de faible impédance d'une largeur de mailles typique de 5 m. Il convient que tous les services pénétrant dans une ZPF soient mis à la terre directement ou par l'intermédiaire d'un parafoudre approprié, aussi près que possible de la frontière de la ZPF.

www.TeraStandard.com

Si, dans les structures existantes, ces conditions ne peuvent être satisfaites, il convient de prévoir d'autres mesures de protection appropriées.

B.16 Amélioration de l'alimentation et de la mise en œuvre des câbles dans la structure

Le réseau de distribution d'énergie de structures anciennes (voir Figure B.8, n° 1) est très souvent de type TN-C. Les interférences à des fréquences de 50/60 Hz issues de la connexion des réseaux de communication mis à la terre et du conducteur PEN peuvent être évitées par

– des interfaces d'isolement utilisant des matériels électriques de classe II ou des transformateurs à double isolation. Cela peut être une solution applicable si peu de matériels électroniques sont utilisés (voir l'Article B.5),

– un changement du réseau de distribution d'énergie en schéma TN-S (voir Figure B.8, n° 2). Cette solution est recommandée, notamment pour des réseaux étendus de matériels électroniques.

Il convient de satisfaire aux exigences de mise à la terre, d'équipotentialité et de cheminement.

www.TeraStandard.com

Annexe C
(informative)

Choix et mise en œuvre d'un système de protection coordonnée par parafoudres

C.1 Introduction

Les coups de foudre frappant une structure (source de dommage S1), frappant le sol à proximité de la structure (S2), frappant un service connecté à la structure (S3) et frappant le sol à proximité d'un service connecté à la structure (S4) peuvent entraîner des défaillances ou un dysfonctionnement des réseaux internes (voir 5.1 de la CEI 62305-1:2010).

La présente annexe fournit des informations sur le choix et la mise en œuvre d'un système de protection coordonnée par parafoudres. La CEI 61643-12 et la CEI 60364-5-53 donnent des informations complémentaires sur la protection contre les surintensités et les conséquences en cas de défaillance d'un parafoudre.

La défaillance due aux chocs dépassant le niveau d'immunité des matériels électroniques ne relève pas du domaine d'application de la série de la CEI 62305. Le lecteur doit se reporter à la CEI 61000-4-5 pour obtenir des informations en la matière.

Cependant, les chocs de foudre provoquent fréquemment la défaillance des réseaux de puissance et de communication du fait de l'interruption de l'isolation ou lorsque les surtensions dépassent le niveau d'isolation en mode commun des matériels.

Le matériel est protégé si sa tension de tenue assignée au choc U_W au niveau de ses bornes (tension de tenue en mode commun) est supérieure à la surtension de choc entre les conducteurs actifs et la terre. Dans le cas contraire, un parafoudre doit être installé.

Ce type de parafoudre assure la protection du matériel si son niveau de protection en tension efficace $U_{P/F}$ (le niveau de protection U_P obtenu lorsque le courant de décharge nominal I_n s'écoule, ajouté à la chute de tension inductive ΔU des conducteurs de connexion) est inférieur à U_W. Il convient de noter que si le courant de décharge apparaissant au point d'installation du parafoudre dépasse la valeur désignée I_n de ce dernier, le niveau de protection Up est supérieur, et $U_{P/F}$ peut dépasser le niveau de tenue du matériel U_W. Dans ce cas, le matériel n'est plus protégé. Il convient par conséquent de choisir le courant nominal I_n du parafoudre de valeur égale ou supérieure au courant de foudre de décharge prévu à ce point d'installation.

La probabilité qu'un parafoudre avec $U_{P/F} \leq U_W$ ne protège pas de manière appropriée le matériel pour lequel il est prévu, équivaut à la probabilité que le courant de décharge au point d'installation de ce parafoudre dépasse le courant auquel U_P a été déterminée.

L'évaluation des courants prévus à différents points de l'installation est donnée dans la CEI 62305-1:2010, Annexe E. Elle se fonde sur le niveau de protection contre la foudre déterminé en appliquant la CEI 62305-2. Une analyse complète du partage du courant est nécessaire lorsque l'événement S1 doit être pris en compte. L'Annexe D de la présente norme donne des informations complémentaires à cet effet.

Il convient également de noter que le choix d'un parafoudre présentant une valeur inférieure U_P (par rapport à la valeur U_W du matériel) réduit les contraintes exercées sur le matériel, ce qui peut de ce fait donner lieu à une probabilité d'endommagement inférieure, mais également à une durée de vie utile plus longue du matériel.

www.TeraStandard.com

Les valeurs relatives à la probabilité $P_{parafoudre}$ en fonction du niveau de protection contre la foudre sont données dans le Tableau B.3 de la CEI 62305-2:2010.

NOTE Il est possible de déterminer les valeurs de $P_{parafoudre}$ pour des parafoudres présentant de meilleures caractéristiques de protection si la tension en fonction de la caractéristique du courant du parafoudre est disponible.

Enfin, l'importance de l'application d'une protection par parafoudres aux circuits de puissance et de communication est primordiale si l'on doit disposer d'un système de protection coordonnée par parafoudres efficace.

C.2 Choix des parafoudres

C.2.1 Choix vis-à-vis du niveau de protection en tension

Le choix du niveau de protection en tension approprié du parafoudre dépend des éléments suivants:

– la tension de tenue aux chocs U_W du matériel à protéger;

– la longueur reliant les conducteurs de connexion au parafoudre;

– la longueur et le cheminement du circuit entre le parafoudre et le matériel.

Il convient que la tension de tenue aux chocs U_W des matériels à protéger soit définie pour

– les matériels connectés aux réseaux de puissance conformément à la CEI 60664-1 et à la CEI 61643-12,

– les matériels connectés aux réseaux de télécommunications conformément à la CEI 61643-22, l'UIT-T K.20[3, K.21[4] et K.45[5],

– les autres réseaux et leurs matériels, conformément aux informations obtenues auprès du constructeur.

NOTE 1 Le niveau de protection U_P d'un parafoudre est lié à sa tension résiduelle pour un courant nominal défini I_n. Pour des courants plus forts ou plus faibles s'écoulant dans le parafoudre, la valeur de la tension aux bornes du parafoudre sera différente en conséquence.

NOTE 2 Il convient de comparer le niveau de protection en tension U_P avec la tension de tenue aux chocs U_W du matériel soumis à essai dans les mêmes conditions que le parafoudre (surtension, surintensité et énergie, matériel mis sous tension, etc.). Cette question est à l'étude.

NOTE 3 Les matériels peuvent contenir des composants de parafoudre internes. Les caractéristiques de ces parafoudres internes peuvent influer sur la coordination.

Lorsqu'un parafoudre est connecté au matériel à protéger, la chute de tension inductive ΔU dans les conducteurs de connexion s'ajoutera au niveau de protection U_P du parafoudre. Ainsi, on peut supposer que le niveau de protection efficace résultant $U_{P/F}$,défini comme la somme de la tension en sortie du parafoudre résultant du niveau de protection et de la chute de tension de câblage dans les liaisons (voir Figure C.1), est le suivant:

$U_{P/F} = U_P + \Delta U$ pour un (des) parafoudre(s) de type à limitation de tension;

$U_{P/F} = \max(U_P, \Delta U)$ pour un (des) parafoudre(s) de type à coupure.

NOTE 4 Pour certains parafoudres à coupure, il peut être nécessaire d'ajouter la tension d'arc à ΔU. Cette tension d'arc peut être de plusieurs centaines de volts. Pour des parafoudres combinés, des formules plus complexes peuvent être nécessaires.

Lorsque le parafoudre est installé à l'entrée du réseau dans la structure, il convient de supposer que ΔU = 1 kV par mètre. Lorsque la longueur des conducteurs de connexion est ≤ 0,5 m, il est possible de supposer que $U_{P/F} = 1{,}2 \times U_P$. Lorsque le parafoudre ne transporte que des chocs induits, ΔU peut être négligée.

www.TeraStandard.com

Lors du fonctionnement d'un parafoudre, la tension entre les bornes du parafoudre est limitée à $U_{P/F}$ à l'emplacement du parafoudre. Si le circuit entre le parafoudre et le matériel est trop long, la propagation des chocs peut entraîner un phénomène d'oscillations. Dans le cas d'un circuit ouvert aux bornes du matériel, cela peut augmenter la surtension jusqu'à $2 \times U_{P/F}$ et conduire à une défaillance du matériel même si $U_{P/F} \leq U_W$ a été choisie.

La CEI 61643-12 et la CEI 60364-5-53 donnent des informations sur les conducteurs de connexion, les configurations de connexion des parafoudres et les niveaux de tenue des fusibles.

Par ailleurs, des coups de foudre sur la structure ou sur le sol à proximité de la structure, peuvent induire une surtension U_I dans la boucle de circuit constituée par le parafoudre et le matériel, qui s'ajoute à $U_{P/F}$ et réduit par conséquent l'efficacité de protection du parafoudre. Les surtensions induites augmentent avec les dimensions de la boucle (cheminement: longueur du circuit, distance entre le conducteur PE et les conducteurs actifs, surface de boucle entre les lignes de puissance et de communication) et diminuent avec l'atténuation du champ magnétique (écran spatial et/ou de ligne).

NOTE 5 Pour l'évaluation des surtensions induites U_I, l'Article A.4 s'applique.

Les réseaux internes sont protégés si

- ils sont coordonnés en énergie avec le parafoudre amont, et
- l'une des trois conditions suivantes est satisfaite:

1) $U_{P/F} \leq U_W$: lorsque la longueur du circuit entre le parafoudre et le matériel est négligeable (cas typique d'un parafoudre installé aux bornes du matériel);
2) $U_{P/F} \leq 0{,}8\ U_W$: lorsque la longueur du circuit est de dix mètres au plus (cas typique d'un parafoudre installé au niveau d'un tableau secondaire de distribution ou d'une prise);

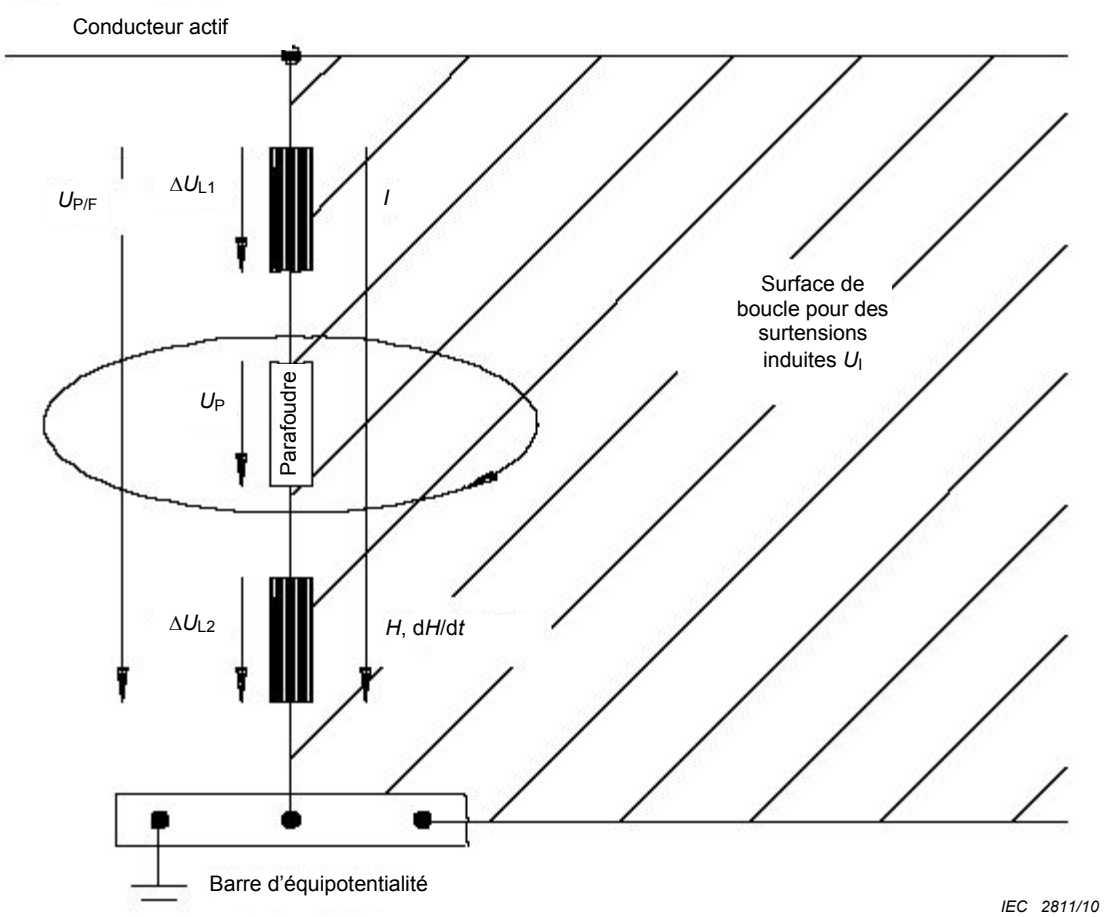
   NOTE 6 Il convient de tenir compte de la défaillance des réseaux internes susceptible de provoquer la perte de vies humaines ou la perte d'un service par rapport au doublement de la tension, les critères $U_{P/F} \leq U_W /2$ devant par ailleurs être appliqués.

3) $U_{P/F} \leq (U_W - U_I) / 2$: lorsque la longueur du circuit est supérieure à dix mètres (cas typique d'un parafoudre installé à l'entrée du réseau dans la structure ou, dans certains cas, au niveau du tableau secondaire de distribution).

NOTE 7 Pour les lignes de télécommunication blindées, différentes exigences peuvent s'appliquer du fait de la raideur du front d'onde. Des informations sur cet effet sont fournies dans le Chapitre 10 de l'UIT-T Manuel relatif à la foudre[7].

Si un écran spatial de la structure (ou des locaux) et/ou un blindage de ligne (utilisation de câbles blindés ou de conduits de câbles métalliques) sont fournis, les surtensions induites U_I sont habituellement négligeables et peuvent être omises dans la plupart des cas.

www.TeraStandard.com



Légende

I	courant de foudre partiel
U_I	surtension induite
$U_{P/F} = U_P + \Delta U$	surtension entre le conducteur actif et la barre d'équipotentialité
U_P	tension de limitation du parafoudre
$\Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$	chute de tension inductive dans les conducteurs d'équipotentialité
H, dH/dt	champ magnétique et sa dérivée dans le temps

NOTE La surtension $U_{P/F}$ entre le conducteur actif et la barre d'équipotentialité est supérieure au niveau de protection U_p du parafoudre, car la chute de tension inductive ΔU dans les conducteurs d'équipotentialité (même si les valeurs maximales de U_p et de ΔU n'apparaissent pas nécessairement simultanément). C'est-à-dire que le courant de foudre partiel s'écoulant dans le parafoudre induit une tension complémentaire dans la boucle du côté protégé du circuit en aval du parafoudre. Ainsi, la tension maximale mettant en danger les matériels connectés peut être considérablement supérieure au niveau de protection U_P du parafoudre.

Figure C.1 – Surtension entre un conducteur actif et la barre d'équipotentialité

C.2.2 Choix vis-à-vis de l'emplacement et du courant de décharge

Il convient que les parafoudres résistent au courant de décharge prévu à leur point d'installation conformément à l'Annexe E de la CEI 62305-1:2010. L'utilisation des parafoudres dépend de leur tenue, classifiée dans la CEI 61643-1 pour les réseaux de puissance, et dans la CEI 61643-21 pour les réseaux de télécommunication.

Le choix des caractéristiques assignées de courant de décharge d'un parafoudre dépend du type de configuration de connexion et du type de réseau de distribution d'énergie. Pour de plus amples informations à ce sujet, se reporter à la CEI 61643-12 et à la CEI 60364-5-53.

Il convient de choisir les parafoudres conformément à leur emplacement d'installation prévu, comme suit:

www.TeraStandard.com

a) A l'entrée du réseau dans la structure (à la frontière de la ZPF 1, par exemple, sur le tableau de distribution principal MB):

- **Parafoudre soumis à essai sous I_{IMP} (essai de classe I)**

  Il convient que le courant de choc exigé I_{IMP} du parafoudre assure le passage du courant de foudre (partiel) prévu au point d'installation en se fondant sur le niveau de protection contre la foudre choisi conformément à l'Article E.2 (source de dommage S1) et/ou à E.3.1 (source de dommage S3) de la CEI 62305-1:2010.

- **Parafoudre soumis à essai sous I_n (essai de classe II)**

  Ce type de parafoudre peut être utilisé lorsque les lignes entrantes se situent entièrement dans la ZPF 0_B ou lorsque la probabilité de défaillance du parafoudre due aux sources de dommage S1 et S3 peut être négligée. Il convient que le courant de décharge nominal exigé I_n du parafoudre couvre le niveau de choc susceptible d'apparaître au point d'installation en se fondant sur le niveau de protection contre la foudre choisi et les surtensions associées, conformément à E.3.2 de la CEI 62305-1:2010.

NOTE 1 Le risque de défaillances des parafoudres dues aux sources de dommage S1 et S3 peut être négligé si le nombre total de coups directs frappant la structure (N_D) et la ligne (N_L) est conforme à la condition $N_D + N_L \leq$ 0,01.

b) A proximité des matériels à protéger (à la frontière des zones ZPF 2 et supérieures, par exemple, sur un tableau de distribution secondaire SB ou sur une prise de courant SA).

- **Parafoudre soumis à essai sous I_n (essai de classe II)**

  Il convient que le courant de décharge nominal exigé I_n du parafoudre assure la protection contre le courant de foudre prévu au point d'installation en se fondant sur le niveau de protection contre la foudre choisi et les surtensions associées, conformément à l'Article E.4 de la CEI 62305-1:2010.

NOTE 2 Un parafoudre ayant les caractéristiques des essais de classes I et II peut être utilisé en cet emplacement.

- **Parafoudre soumis à essai en onde combinée U_{OC} (essai de classe III)**

  Ce type de parafoudre peut être utilisé lorsque les lignes entrantes se situent entièrement dans la ZPF 0_B ou lorsque le risque de défaillance du parafoudre due aux sources de dommage S1 et S3 peut être négligé. Il convient que les caractéristiques assignées de tension en circuit ouvert exigées U_{OC} du parafoudre (desquelles il est possible de déterminer le courant de court-circuit $I_{sc,}$ dans la mesure où l'essai de classe III est réalisé en combinaison avec un générateur d'onde et une impédance de 2 Ω) couvrent le niveau de chocs susceptibles d'apparaître au point d'installation en se fondant sur le niveau de protection contre la foudre choisi et les surtensions associées, conformément à l'Article E.4 de la CEI 62305-1:2010.

C.3 Mise en œuvre d'un système de protection coordonnée par parafoudres

C.3.1 Généralitéss

L'efficacité d'un système de protection coordonnée par parafoudres dépend non seulement du choix approprié des parafoudres, mais également de leur mise en œuvre correcte. Les aspects à prendre en considération incluent:

- l'emplacement du parafoudre,
- les conducteurs de connexion.

C.3.2 Emplacement des parafoudres

Il convient que l'emplacement des parafoudres soit conforme à C.2.2. Il est par ailleurs principalement affecté par

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

www.TeraStandard.com

- la source spécifique de dommage (par exemple, coups de foudre sur une structure (S1) ou sur une ligne (S3), sur le sol à proximité d'une structure (S2) ou d'une ligne (S4),
- l'opportunité d'écouler à la terre les surintensités dues aux courants de foudre (aussi près que possible du point de pénétration d'une ligne dans la structure).

Le premier critère à considérer est: plus le parafoudre est proche du point d'entrée de la ligne entrante, plus le nombre de matériels dans la structure protégés par ce parafoudre est élevé (avantage économique). Il convient de vérifier ensuite le second critère: plus un parafoudre est proche du matériel protégé, plus sa protection est efficace (avantage technique).

C.3.3 Conducteurs de connexion

Il convient que les conducteurs de connexion des parafoudres présentent des sections minimales définies dans le Tableau 1.

C.3.4 Coordination des parafoudres

Dans un système de protection coordonnée par parafoudres, les parafoudres en cascade doivent être coordonnés en énergie conformément à la CEI 61643-12 et/ou à la CEI 61643-22. A cet effet, il convient que le constructeur de parafoudres donne suffisamment d'informations concernant la méthode à appliquer pour réaliser cette coordination énergétique entre ses différents parafoudres.

C.3.5 Méthode d'installation d'un système de protection coordonnée par parafoudres

Il convient d'installer un système de protection coordonnée par parafoudres de la manière suivante:

- A l'entrée du réseau dans la structure (à la frontière de la ZPF 1, par exemple, au point d'installation MB), installer un parafoudre 1 satisfaisant aux exigences de C.2.2.
- Déterminer la tension de tenue aux chocs U_W des réseaux internes à protéger.
- Choisir le niveau de protection en tension U_{p1} du parafoudre 1.
- Vérifier que les exigences de C.2.1 sont satisfaites.

Si cette exigence est satisfaite, le matériel est correctement protégé par le parafoudre 1. Dans le cas contraire, un(des) parafoudre(s) 2 complémentaire(s) est(sont) nécessaire(s).

- Si nécessaire, installer le parafoudre 2 à proximité du matériel (à la frontière de la ZPF 2, par exemple, au point d'installation SB ou SA), en satisfaisant aux exigences de C.2.2, ledit parafoudre étant coordonné en énergie avec le parafoudre 1 en amont (voir C.3.3).
- Choisir le niveau de protection U_{P2} du parafoudre 2.
- Vérifier que les exigences de C.2.1 sont satisfaites.

Si cette exigence est satisfaite, le matériel est correctement protégé par les parafoudres 1 et 2.

- Dans les autres cas, un (des) parafoudre(s) 3 complémentaire(s) est (sont) nécessaire(s) à proximité du matériel (par exemple au point d'installation de prise SA) coordonné en énergie avec le parafoudre 1 et le parafoudre 2 en amont (voir C.2.3), satisfaisant aux exigences de C.2.2,
- Vérifier que la condition $U_{P/F3} \leq U_W$ est satisfaite (voir C.2.1).

www.TeraStandard.com

Annexe D
(informative)

Facteurs à prendre en compte dans le choix des parafoudres

D.1 Introduction

I_{imp}, I_{max} et I_n sont les paramètres d'essai utilisés pour les essais de service de fonctionnement pour la classe I et la classe II. Ils sont liés aux valeurs maximales des courants de décharge prévus au niveau de probabilité de NPF à l'emplacement de l'installation du parafoudre dans le réseau. I_{max} est associé aux essais de classe II et I_{imp} est associé aux essais de classe I.

Les valeurs préférentielles de I_{imp}, Q, W/R, conformément à la future CEI 61643-11[8] sont données dans le Tableau D.1.

Tableau D.1 – Valeurs préférentielles de I_{imp} [a]

I_{imp} [b] kA	1	2	5	10	12,5 [c]	20	25
Q (C)	0,5	1	2,5	5	6,25 [c]	10	12,5
W/R (kJ/Ω)	0,25	1	6,25	25	39 [c]	100	156

[a] Le Tableau D.1 fait référence aux parafoudres connectés de la ligne au neutre (connexion CT1).

[b] En règle générale, I_{imp} est associé à des formes d'ondes plus longues (par exemple 10/350 µs) que I_{max}.

[c] Voir la CEI 60364-5-53:2001.

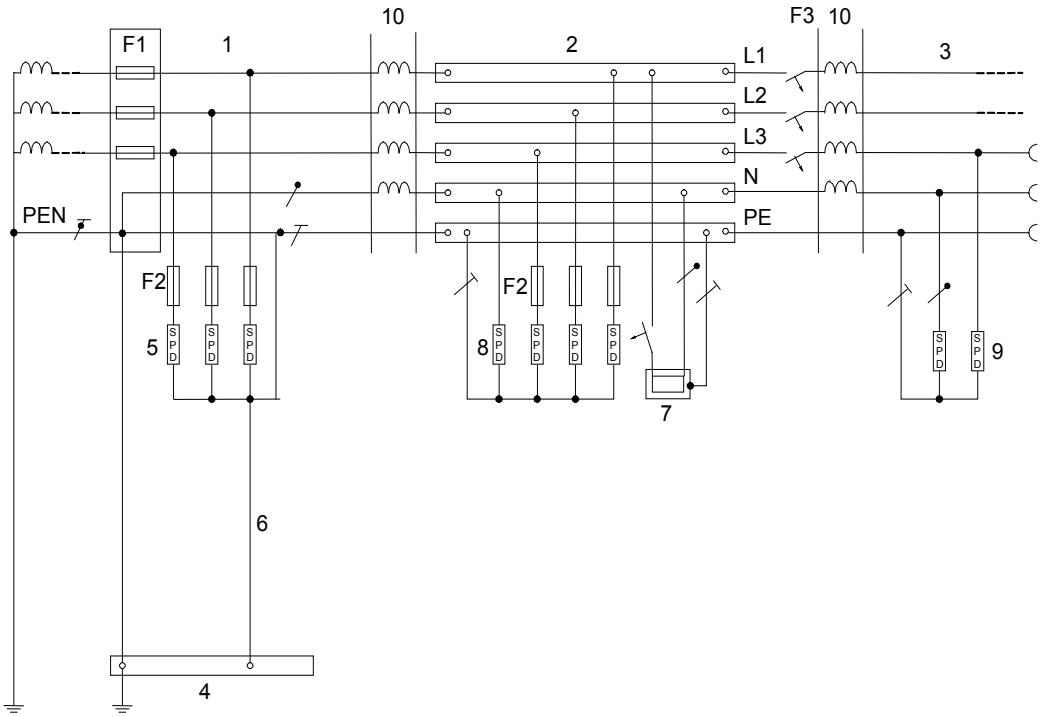
D.2 Facteurs déterminant la contrainte exercée sur un parafoudre

La contrainte à laquelle est exposé un parafoudre dans des conditions de choc dépend de nombreux paramètres complexes et corrélés qui comprennent:

- l'emplacement du ou des parafoudres dans la structure (voir Figure D.1);
- la méthode de couplage du coup de foudre sur l'installation (voir Figure D.2) – s'agit-il par exemple d'un coup de foudre frappant directement le SPF de la structure (S1), ou par induction dans le câblage du bâtiment du fait d'un coup de foudre frappant le sol à proximité du bâtiment (S2), ou des services alimentant la structure (S3 et S4);
- la distribution des courants de foudre dans la structure – par exemple, proportion de courant de foudre pénétrant dans le réseau de prises de terre, et proportion restante s'écoulant jusqu'aux prises de terre distantes par les services pénétrant dans la structure, tels que le réseau de distribution d'énergie, les canalisations métalliques, les services de télécommunication etc. et les parafoudres d'équipotentialité utilisés avec ces services;
- la résistance et l'inductance des services pénétrant dans la structure, dans la mesure où ces composantes affectent la valeur crête du courant, I, et les rapports de distribution Q de charge.
- les services conducteurs complémentaires connectés à l'installation – ils transportent une partie du courant de foudre direct et réduisent par conséquent la partie qui s'écoule par le réseau de distribution d'énergie via le ou les parafoudres d'équipotentialité de foudre. Il convient de veiller à la permanence de ce type de services du fait de l'éventuel remplacement par des éléments non-conducteurs;

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com

- le type de forme d'onde considéré – il n'est pas possible de ne considérer que le courant de crête que le parafoudre doit conduire dans des conditions de choc, il faut donc tenir également compte de la forme d'onde de ce choc (par exemple, 10/350 µs couvrant le courant de foudre direct et partiel, 8/20 µs couvrant le courant de foudre induit) et de la charge globale *Q;*
- toutes structures complémentaires interconnectées à la structure primaire par le service de puissance, car elles affectent également le partage du courant.



IEC 2812/10

Légende

1 origine de l'installation

2 tableau de distribution

3 prise de distribution

4 borne ou barre principale d'équipotentialité

5 parafoudre, soumis à essai de classe I ou II

6 connexion de mise à la terre (conducteur de mise à la terre) du parafoudre

7 matériel fixe à protéger

8 parafoudre, soumis à essai de classe II

9 parafoudre, soumis à essai de classe II ou III

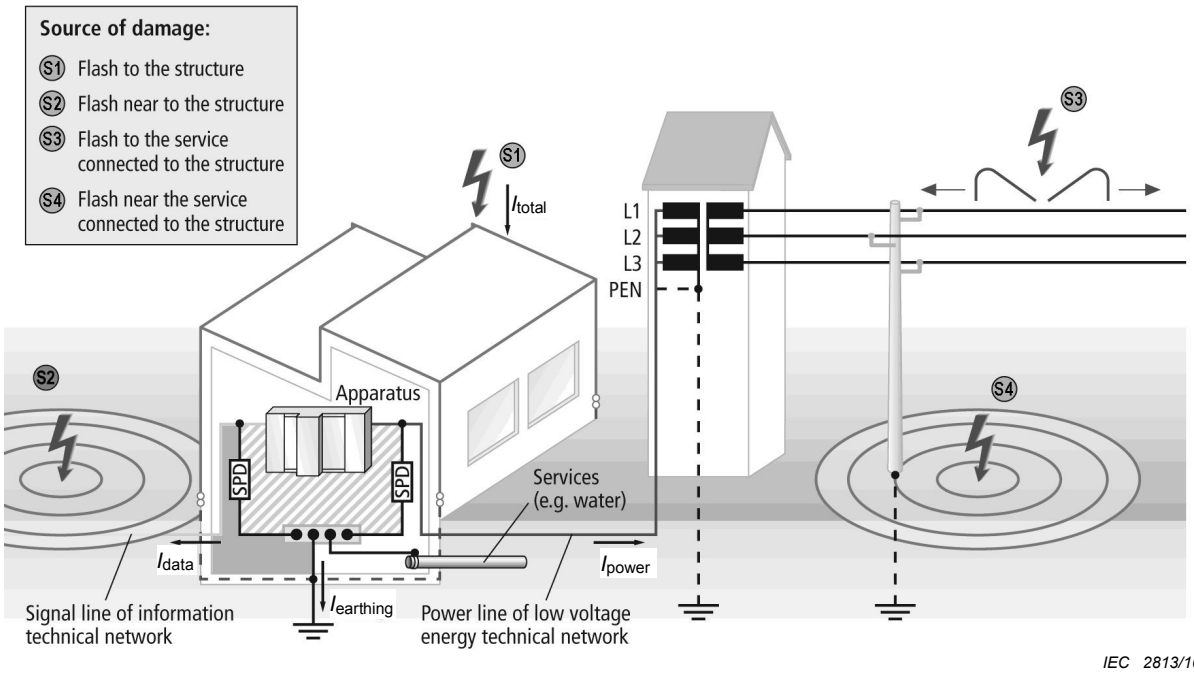
10 élément de découplage ou longueur de ligne

F1, F2, F3 sectionneurs de protection contre les surintensités

NOTE Se reporter à la CEI 61643-12 pour de plus amples informations.

Figure D.1 – Exemple d'installation d'essai de parafoudres de classes I, II et III

www.TeraStandard.com



Légende

Anglais	Français
Source of damage	Source de dommage
Flash to the structure	Eclair frappant directement la structure
Flash near to the structure	Eclair frappant le sol à proximité de la structure
Flash to the service connected to the structure	Eclair frappant directement le service connecté à la structure
Flash near the service connected to the structure	Eclair frappant le sol à proximité du service connecté à la structure
Apparatus	Appareil
Services (e.g. water)	Services (par exemple, eau)
Signal line of information technical network	Service de communication de réseau technique d'information
Power line of low voltage energy technical network	Service de puissance de réseau technique basse tension
Earthing	Mise à la terre
Data	Données
Power	Puissance

Figure D.2 – Exemple de base de différentes sources de dommage à une structure et distribution du courant de foudre dans un réseau

D.3 Quantification du niveau de menace statistique pour un parafoudre

D.3.1 Généralités

De nombreuses tentatives ont été faites pour quantifier l'environnement électrique et le « niveau de menace » auquel un parafoudre est exposé à différents emplacements dans une installation. Par exemple, pour un parafoudre installé à l'entrée d'un service équipé d'un SPF de structure, le niveau de menace dépend du niveau de protection contre la foudre (NPF) requis selon l'évaluation des risques concernant la structure considérée, et ce, afin de limiter ce type de risque au niveau tolérable (voir Article 6 de la CEI 62305-1:2010).

www.TeraStandard.com

La présente norme stipule que pour un NPF I, l'intensité d'un coup de foudre frappant directement (S1) le SPF de la structure peut atteindre une valeur de 200 kA avec une forme d'onde de 10/350 μs (voir 8.1 et Annexe A de la CEI 62305-1:2010). Cependant, bien qu'il convienne de choisir des parafoudres conformes au NPF requis et identifié par l'évaluation des risques, d'autres facteurs peuvent avoir une incidence sur l'intensité du courant de foudre auquel est soumis le parafoudre.

D.3.2 Facteurs de l'installation affectant la distribution du courant

En l'absence de calcul spécifique de partage du courant (voir l'Article E.2 de la CEI 62305-1:2010), il est supposé de manière générale que 50 % de ce courant sont conduits vers le réseau de mise à la terre du bâtiment, et que 50 % retournent par le ou les parafoudres d'équipotentialité. Pour le NPF I, ceci implique que la part de la décharge initiale de 200 kA exercée sur chaque parafoudre, I_{imp}, est de 25 kA pour un réseau de distribution d'énergie triphasé plus neutre – voir Figure D.3.

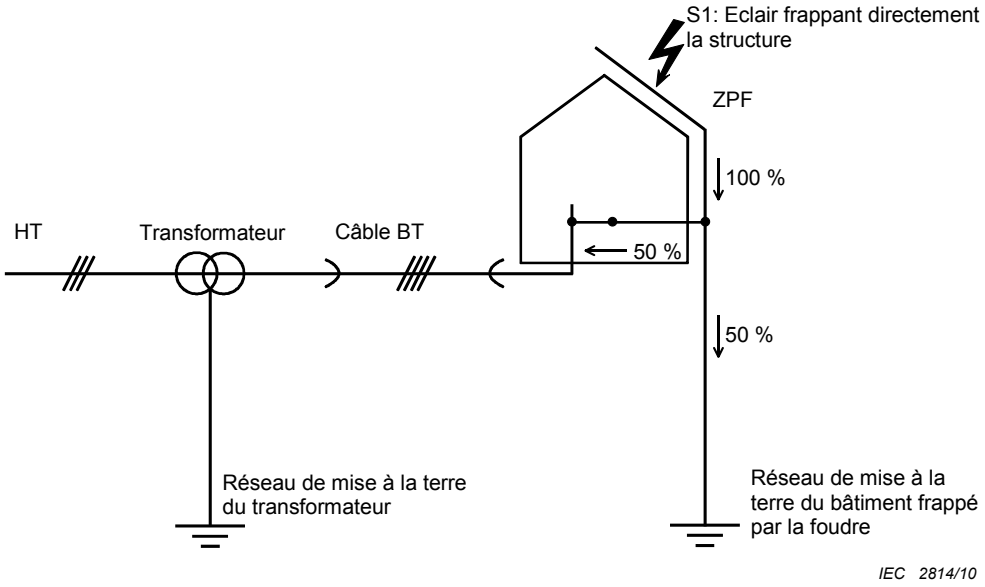


Figure D.3 – Exemple de base de distribution partagée du courant

Cependant, si l'on considère trois services métalliques alimentant la structure et si l'on adopte le modèle de l'Article E.2 de la CEI 62305-1:2010, le courant total, I_{imp}, s'écoulant vers chaque parafoudre d'équipotentialité dans le réseau triphasé atteint une valeur de 8,3 kA.

La distribution du courant de foudre dans un réseau de distribution d'énergie est fortement influencée par la mise à la terre des services pénétrant dans la structure. Par exemple, pour le réseau en schéma TN-C avec son neutre mis à la terre en plusieurs emplacements, une mise à la terre plus directe avec une impédance plus faible que pour un réseau en schéma TT est prévue pour les courants de foudre.

Des hypothèses simplifiées de dispersion du courant se révèlent utiles lorsqu'il s'agit de déterminer le niveau de menace possible auquel le ou les parafoudres peuvent être exposés mais il est important de les formuler en fonction du contexte considéré. De plus, il a été supposé que la forme d'onde de cette composante du courant dans le ou les parafoudres est identique à celle de la décharge initiale, bien que dans la réalité, la forme d'onde peut avoir été modifiée par l'impédance du câblage du bâtiment, etc.

Des simulations informatisées peuvent aider à tenir compte de ces facteurs pour bien choisir les parafoudres. Afin de pouvoir évaluer la dispersion du courant de foudre pour un réseau complexe, il est nécessaire de convertir le réseau du monde réel, tel qu'illustré dans l'exemple de la Figure D.2, en un schéma de circuit électrique équivalent.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
www.TeraStandard.com

De nombreuses normes ont préféré fonder leur analyse sur l'expérience de terrain au fil du temps plutôt que de considérer le niveau de menace auquel un parafoudre peut être exposé. Le Tableau E.2 de la CEI 62305-1:2010 est principalement fondé sur l'expérience de terrain (voir série IEEE C62.41)[9].

D.3.3 Considérations relatives au choix des caractéristiques assignées des parafoudres: I_{imp}, I_{max}, I_n, U_{OC}

Sur la base des éléments susmentionnés, il est clair que le choix des caractéristiques assignées appropriées I_{imp}, I_{max}, I_n et U_{OC} d'un parafoudre dépend de nombreux paramètres complexes et corrélés.

Il est important de tenir compte du fait que le risque de dommage des réseaux internes dans une structure en raison de chocs provenant des

– effets induits de couplage des lignes de puissance, de communication et de données (S4),
– effets d'IEMF de couplage provenant des chocs à proximité de la structure (S2),

peut souvent être plus important que ceux dus aux effets des chocs de foudre frappant directement la structure proprement dite (S1) ou les services (S3).

De nombreux bâtiments ne nécessitent pas une protection contre les coups de foudre frappant directement la structure ou les services entrants, et de ce fait l'exigence relative au(x) parafoudre(s) soumis à essai de classe I ne s'applique pas, et un système de parafoudres soumis à essai de classe II correctement conçu peut se révéler approprié.

En règle générale, il convient d'appliquer la méthode utilisant un parafoudre soumis à essai de classe I impliquant des courants de foudre directs ou partiels (S1/S3) et un parafoudre soumis à essai de classes II/III pour les effets induits (S2/S4).

Pour traiter ces complexités, Il faut tenir compte du fait que l'aspect le plus important pour choisir un parafoudre réside dans sa caractéristique de limitation de tension pendant l'événement de choc prévu, et la tenue énergétique (I_{imp}, I_{max}, I_n, U_{OC}) qu'il peut assurer (voir la NOTE 4 qui suit le Tableau B.7 de la CEI 62305-2:2010).

A la valeur prévue I_n, un parafoudre avec une tension de limitation inférieure à la tension de tenue du matériel assure la protection du matériel, notamment pour ce qui concerne les facteurs extérieurs qui créent des tensions supplémentaires (chute de tension sur les conducteurs de connexion, oscillations et phénomènes d'induction). En revanche, un parafoudre avec une énergie de tenue supérieure à celle requise au point d'installation peut ne prolonger que la durée de vie utile du parafoudre. Cependant, un parafoudre avec une tension de limitation inférieure peut se révéler être davantage sensible aux éventuels dommages dus aux surtensions temporaires (TOV) lorsqu'il est installé sur des réseaux de puissance à faible régulation.

www.TeraStandard.com

Bibliographie

[1] CEI 1-60364-4-44, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

[2] CEI 61000 (toutes parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

[3] UIT-T Recommandation K.20:2008, *Immunité des équipements de télécommunication des centres de télécommunication aux surtensions et aux surintensités*

[4] UIT-T Recommandation K.21:2003, *Immunité des équipements de télécommunication installés dans les locaux d'abonné aux surtensions et aux surintensités*

[5] UIT-T Recommandation K.45:2003, *Immunité des équipements de télécommunication installés dans les réseaux d'accès et de jonction aux surtensions et aux surintensités*

[6] CEI 61000-5-2:1997, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5-2: Guides d'installation et d'atténuation – Mise à la terre et câblage*

[7] UIT-T Manuel relatif à la foudre:1994, *Protection des lignes et installations de télécommunication contre la foudre – Chapitre 10*

[8] CEI 61643:11, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

[9] IEEE C62.41:1991, *Recommended practice on surge voltages in low-voltage ac power circuits* (disponible uniquement en anglais)

———————

www.TeraStandard.com

www.TeraStandard.com

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

www.TeraStandard.com